

TREBALL FI DE GRAU 4t CURS 2n SEMESTRE

# Aproximació de la tecnologia GPS des de la simplificació de les dades

Alumnat: Merino Elgarrista, Gerard  
Tutor/a: Serna Bardavío, Jorge  
Lleida, data 18/05/2018

# Índex

<b>Agraïments .....</b>	<b>1</b>
<b>Motivació .....</b>	<b>2</b>
<b>Resum (Català).....</b>	<b>3</b>
<b>Resumen (Castellà).....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract (Anglès).....</b>	<b>7</b>
<b>Introducció .....</b>	<b>9</b>
<b>Estudi 1:</b> Proposta alternativa de valoració del perfil Velocitat – Temps de Manuel Lapuente Sagarra amb dades enregistrades per tecnologia GPS STATSports® 10Hz .....	<b>13</b>
<b>Estudi 2:</b> Quantificació de dades d'obtenció de velocitat màxima (Vmax), distància on s'assoleix (DVm) i el temps necessari per assolir-la (TVm) enregistrades amb GPS. Diferències en funció de l'historial esportiu (HiEs) i la distància a recórrer .....	<b>24</b>
<b>Estudi 3:</b> Quantificació de dades enregistrades amb GPS d'increment de velocitat i disminució d'acceleració en esprint (IVE i DAE) de 30m lineals.....	<b>35</b>
<b>Estudi 4:</b> Proposta per detectar el canvi de direcció voluntari amb Microsoft Excel® .....	<b>41</b>
<b>Referències .....</b>	<b>46</b>

## Agraïments

En el transcurs d'aquest projecte de final de grau vull dedicar una petita parcel·la per nomenar a totes aquelles persones que han estat importants per confeccionar, cadascú de la seva manera, aquest document.

En primer lloc vull agrair a en Manuel Lapuente Sagarra la seva implicació desinteressada, sense ell no es podria haver fet la recollida de dades amb el sistema GPS STATSports®. La seva inquietud constant per la cerca de coneixement ha estat una injecció de motivació sense descans, oferint-se disponible per a qualsevol qüestió relacionada amb la tecnologia emprada o del projecte que se'm plantegés. Em sento afortunat d'haver tingut la oportunitat d'aprendre d'un professional d'aquesta magnitud.

També vull compartir aquest espai per mencionar a en Jorge Serna Bardavío i la seva intolerància a la feina mal feta, tutor oficial d'aquest projecte i apassionat de la investigació i del coneixement. El seu caràcter m'ha fet ser inconformista, voler sempre més i estar en continu creixement. Li agraeixo la gran capacitat que m'ha demostrat dia a dia per treure temps d'on no n'hi ha per dedicar-lo a aquest document i sobretot al meu coneixement personal, tan a nivell acadèmic com professional. Puc dir, sense por a equivocar-me, que ha estat un gran encert i orgull poder ser tutoritzat pel que considero un magnífic comunicador i professional de l'esport.

Vull dedicar unes línies a en Emili Vicente i Vives. Tenint bona relació professor – alumne i compartir la passió pel futbol, vaig adreçar-me a ell per demanar-li consell sobre quin tutor escollir en funció dels àmbits que m'interessaven per a la confecció del treball de final de grau. Sense ni parar-se a pensar va dir el nom d'en Jorge Serna Bardavío, argumentant que no tindria millor tutor que ell. Quan vaig determinar que el projecte el realitzaria sobre l'aplicació de la tecnologia GPS a l'esport li vaig fer saber, recordo les paraules que em va contestar: "Aprofita-ho al màxim i no perdis la motivació que sents ara mateix", no són paraules fàcils d'esborrar. Només li puc donar les gràcies, per tot.

No puc acabar aquest apartat sense un reconeixement especial al meu pare per aprendre del seu compromís envers a allò que es proposa, a la meva mare per aprendre de la capacitat motivadora que genera al seu voltant, al meu germà per aprendre de la seva necessitat insaciable de millorar tot allò que toca i als amics, aquells que sempre han estat allí i que mai deixaran de ser-hi. Gràcies a tots ells sóc qui sóc i he pogut realitzar aquest document gravant-hi una mica de la seva essència des de l'inici fins al final.

## Motivació

La inquietud per la realització de l'estudi ve del desconeixement de com introduir les noves tecnologies als entrenaments de caràcter formatiu i amateur. Hi ha moltes tecnologies que poden ser utilitzades però, els clubs de categories no professionals, majoritàriament no li donen la suficient importància als beneficis (Rendiment, Prevenció de lesions, sub/sobre-estimuls...) que es poden obtenir a través de dades objectives més enllà dels resultats finals de competició i alguns tests físics totalment inespecífics de la competició pròpia en l'esport col·lectiu.

Les preguntes que es plantegen al principi són: "Seria interessant saber els moments crítics/claus de cada acció de joc?", i per tant sorgeix la segona pregunta "Quines eines existeixen per a poder conèixer aquests moments?". La primera pregunta es contesta sola amb un "Evidentment", però per la segona es fa una petita recerca dels instruments que hi ha al mercat: Acceleròmetres, Càmeres d'alta velocitat, Cèl·lules fotoelèctriques, GPS, Pulsòmetres i Radars. A primera vista el radar té el problema de que interaccionen varis esportistes simultàniament i no es podria fer un registre dins de tasques de joc col·lectiu. Amb les cèl·lules fotoelèctriques passa una cosa similar, ja que en joc col·lectiu no hi ha l'objectiu d'anar d'un punt A a un punt B, sinó que els desplaçaments són imprevistos i en constant canvi.

La idea definitiva per desenvolupar aquest treball s'origina arrel d'una xerrada del Manuel Lapuente Sagarra a l'INEFC de Lleida sobre la utilització dels GPS. Van sorgir preguntes com: "Aquests dispositius només serveixen per l'elit?", "Creieu interessant poder tenir dades més precises sobre les accions específicament de l'esport de les vostres tasques?", etc... Així doncs s'encén la bombeta per decidir la tecnologia GPS com a instrument tecnològic per aproximar-lo a clubs no professionals.

Després de la xerrada es van concertar dos reunions amb en Jorge Serna Bardavío per explicar la idea i sol·licitar que fos l'encarregat de tutoritzar la investigació. Més endavant es van realitzar tres reunions més amb en Manuel Lapuente per abordar el tema i veure com enfocar-lo, i va accedir de bon grat.

Es van desestimar bastantes idees, d'un llistat de més de 30 possibles estudis, decidint els que foren més interessants per fer possible l'anàlisi de les dades d'una manera més senzilla.

## Resum (Català)

L'objectiu del primer estudi és conèixer si la proposta de Manuel Lapuente Sagarra de tractament de dades d'esprints de 100m i 30m, enregistrades amb tecnologia GPS STATSports®, per aconseguir el perfil Velocitat – Temps (V-T) té una bona correlació amb la proposta de Pierre Samozino en esprints de 100m. La mostra està composta per 28 participants en la prova dels 100m i 32 en la prova dels 30m, sent tota la mostra alumnes de CAFE de l'INEFC – Lleida. Enregistrades totes les proves, les dades s'exporten a Microsoft Excel® per realitzar els tractaments de; velocitat,  $V_{(f)}$ ; acceleració,  $A_{(f)}$ ; i distància,  $D_{(f)}$ . Tenint aquests càlculs realitzats, es busquen les pendents d'Acceleració – Velocitat (Sav); pendent A – V amb els valors filtrats amb la proposta de Lapuente [Sav max]; pendent A – V amb els valors filtrats amb la proposta de Lapuente però considerant acceleració teòrica 0 quan s'assoleix la velocitat màxima i velocitat teòrica 0 quan l'acceleració és màxima [Sav max0]; i pendent A – V amb els valors filtrats amb la proposta de Samozino [Sav(t)] de cada subjecte. Obtenint aquests valors es cerca la pendent Força – Velocitat (Sfv) de cadascun dels participants i es realitza la correlació de pearson de cada Sav amb la Sfv. Els resultats amb millor correlació es troben amb el mètode de Sav max0 tant en esprints de 100m com en els de 30m, en canvi, en el mètode de Sav max només es considera que té correlació acceptable en esprints de 100m. Per tant, es conclou que la proposta de tractament de dades pot ser de gran utilitat per a la quantificació i observació de rendiment dels esportistes.

En el segon estudi l'objectiu és investigar si hi ha diferències de la velocitat màxima ( $V_{max}$ ), distància s'assoliment de la  $V_{max}$  (DVm) i temps necessari d'assoliment de la  $V_{max}$  (TVm) en funció de l'historial esportiu (HiEs) i de diferents distàncies a recórrer en esprint, de 100m i de 30m, a partir de les dades recollides amb tecnologia GPS STATSports®. La mostra està composta per 28 participants en la prova dels 100m i 32 en la prova dels 30m, sent tota la mostra alumnes de CAFE de l'INEFC – Lleida. Segons els resultats obtinguts en la prova dels 100m s'observa que hi ha similitud entre el grup d'Entrenats i No Entrenats en relació a DVm i TVm, mentre que el grup dels Altament Entrenats hi ha una diferència de quasi 10m més per assolir la  $V_{max}$  respecte la mitja dels altres dos grups, tot i així hi ha una similitud de la  $V_{max}$  amb el grup dels Entrenats. Per altra banda, els resultats de la prova de l'esprint de 30m hi ha molta similitud entre les tres variables. Passant a la segona classificació, provinents d'esports col·lectius i provinents d'esports individuals, els resultats de l'esprint de 100m mostren una mitjana superior en quan a l'assoliment de la  $V_{max}$  els que provenen d'esports individuals, però tan en DVm com en TVm els participants amb HiEs de caràcter col·lectiu mostren millors resultats. En l'últim anàlisi, l'esprint de 30m, s'observa una gran similitud en quan a la  $V_{max}$  assolida i diferència entre les variables de DVm i TVm sent els subjectes d'esports col·lectius els que ofereixen millors resultats. Tot i aquest anàlisi, s'ha de posar en valor que els resultats surten alterats per la diferència de nombre de les categories, per tant no es pot concloure que aquest anàlisi sigui correcte per extreure afirmacions, seria necessari repetir l'estudi amb una mostra més homogènia en quan a nombre de participants de cada classificació. Per finalitzar es pot dir però que el sistema GPS pot ser una molt bona eina per entrenadors i esportistes com a mesurador objectiu de rendiment intra-subjecte i intra-grup.

El tercer estudi té com a objectiu analitzar la evolució de la velocitat en esprints de 30m i comparar resultats entre esportistes provinents d'esports individuals i col·lectius a partir de dues variables: la disminució de l'acceleració en esprint (DAE) i l'Increment de la velocitat en esprint (IVE) dels primers 2.5". La mostra està composta per 32 participants, sent tots alumnes de CAFE de l'INEFC – Lleida. Es realitza la distribució de grups per a fer l'anàlisi, sent 23 subjectes provinents d'esports col·lectius i 9 d'esports individuals. Els resultats de l'anàlisi de la gràfica IVE determinen que els subjectes provinents d'esports individuals tenen una millor resposta en l'interval 0.1" però, els d'esports col·lectius a mesura que avança el temps obtenen una millor resposta. En canvi, les dades obtingudes en la gràfica DAE no es consideren molt concloents, ja que els resultats són irregulars i no es pot definir una tendència clara. Es deixa constància que la manca de diferència entre un grup i l'altre en quan a resultats pot ser condicionada per la diferència de mostra, sent necessari repetir aquest estudi amb una mostra més homogènia en quan a nombre de participants per cada grup.

L'objectiu del quart estudi és oferir una eina per a detectar el canvi de direcció voluntari a partir de la geolocalització que aporta el sistema GPS (STATSports®) en latituds (Lat) i longituds (Lon). La mostra està composta per més de 40 alumnes de CAFE de l'INEFC – Lleida. Van realitzar el test del v-cut tots els subjectes i es va realitzar el tractament de dades amb tots ells per comprovar, en una gràfica de dispersió individualment, que es detectava en tots els casos el canvi de direcció del test. Les fórmules per dissenyar el tractament es basen en la funció de condició de Microsoft Excel® " $f_x = SI$ ", determinant primer si la direcció de les Lat són Est (E) o Oest (O) respecte l'interval anterior i si la direcció de les Lon són Nord (N) o Sud (S). Tenint aquest primer tractament es realitza una altra condició per determinar si hi ha canvi, o no, respecte l'interval anterior en Lat i Lon per separat. Per acabar, es genera la última condició per determinar quan hi ha un canvi de direcció, tan en latitud com en longitud. Fet el procés s'activa la funció "filtre" de Microsoft Excel®, ocultant els moments que no es genera cap canvi de direcció i realitzant una gràfica de dispersió es podrà detectar quins són els canvis de direcció que ha generat el subjecte en concret. Es conclou que aquest tractament de dades és útil per detectar el canvi de direcció d'un subjecte ja que en el test v-cut, test que es coneix la trajectòria que ha de realitzar el subjecte, detecta els canvis on estan situades les zones establertes. Seria interessant aplicar aquest tractament a tasques específiques, o partits, on la trajectòria no estigui pre-establerta i comprovar si pot ser pràctic pels entrenadors fer ús d'aquesta eina.

## Resumen (Castellà)

El objetivo del primer estudio es conocer si la propuesta de Manuel Lapuente Sagarra de tratamiento de datos de esprints de 100m y 30m, gravados con tecnología GPS STATSports®, para conseguir el perfil Velocidad – Tiempo (V-T) tiene buena correlación con la propuesta de Pierre Samozino en esprints de 100m. La muestra está compuesta por 28 participantes en la prueba de los 100m y 32 en la prueba de los 30m, siendo toda la muestra alumnos de CAFE del INEFC – Lleida. Gravados todas las pruebas, los datos se exportan a Microsoft Excel® para realizar los tratamientos de; velocidad,  $V_{(f)}$ ; aceleración,  $A_{(f)}$ ; y distancia,  $D_{(f)}$ . Teniendo estos cálculos realizados, se buscan las pendientes de Aceleración – Velocidad (Sav); pendiente A – V con los valores filtrados de la propuesta de Lapuente [Sav max]; pendiente A – V con los valores filtrados de la propuesta de Lapuente pero considerando la aceleración teórica 0 cuando se alcanza la velocidad máxima y la velocidad teórica 0 cuando la aceleración es máxima [Sav max0]; y pendiente A – V con los valores filtrados de la propuesta de Samozino [Sav(t)] de cada sujeto. Obteniendo estos valores se busca la pendiente Fuerza – Velocidad (Sfv) de cada uno de los participantes y se realiza la correlación de pearson de cada Sav con la Sfv. Los resultados con mejor correlación se encuentran en el método de Sav max0 tanto en esprints de 100m como en los de 30m, en cambio, en el método de Sav max solo se considera que tiene una correlación aceptable en esprints de 100m. Por lo tanto, se concluye que la propuesta de tratamiento de datos puede ser de gran utilidad para la cuantificación y observación de rendimiento de los deportistas.

En el segundo estudio el objetivo es investigar si hay diferencias de la velocidad máxima ( $V_{max}$ ), distancia donde se alcanza la  $V_{max}$  ( $DV_m$ ) y tiempo necesario para alcanzar la  $V_{max}$  ( $TV_m$ ) en función del historial deportivo (HiEs) y de diferentes distancias a recorrer en esprint, de 100m y de 30m, a partir de los datos recogidos con tecnología GPS STATSports®. La muestra está compuesta por 28 estudiantes en la prueba de los 100m y 32 en la prueba de los 30m, siendo toda la muestra alumnos de CAFE del INEFC – Lleida. Según los resultados obtenidos en la prueba de los 100m se observa que hay una similitud entre el grupo de Entrenados y No Entrenados en relación a  $DV_m$  y  $TV_m$ , mientras que el grupo de Altamente Entrenados hay una diferencia de casi 10m más para alcanzar la  $V_{max}$  respecto la media de los otros dos grupos, aunque hay una similitud de la  $V_{max}$  con el grupo de Entrenados. Por otro lado, los resultados de la prueba del esprint de 30m hay una similitud entre las tres variables. Pasando a la segunda clasificación, los que provienen de deportes colectivos o individuales, los resultados del esprint de 100m muestran una media superior de  $V_{max}$  los que provienen de deportes individuales, pero en  $DV_m$  y en  $TV_m$  los participantes que provienen de deportes colectivos ofrecen mejores resultados. En el último análisis, en esprint de 30m, se observa una gran similitud en la  $V_{max}$  alcanzada y diferencia entre las variables de  $DV_m$  y  $TV_m$ , siendo los sujetos de deportes colectivos los que ofrecen mejores resultados. Aunque en este análisis se tiene que poner en valor que los resultados salen alterados por la diferencia de número de las categorías, por lo tanto no se puede concluir que los resultados de este análisis sean correctos para extraer afirmaciones. Sería necesario repetir el estudio con una muestra más homogénea en relación al número de participantes de cada clasificación. Para finalizar se puede decir pero



que el sistema GPS puede ser una muy buena herramienta para entrenadores y deportistas como medidor objetivo de rendimiento intra-sujeto e intra-grupo.

El tercer estudio tiene como objetivo analizar la evolución de la velocidad en sprints de 30m y comparar resultados entre deportistas que provengan de deportes individuales y colectivos partiendo de dos variables: la disminución de la aceleración en sprint (DAE) y el incremento de la velocidad en sprint (IVE) de los primeros 2.5". La muestra está compuesta por 32 participantes, siendo todos alumnos de CAFE del INEFC – Lleida. Se realiza la distribución de sujetos en dos grupos para hacer el análisis, siendo 23 sujetos de deportes colectivos y 9 de deportes individuales. Los resultados del análisis de la gráfica IVE determinan que los sujetos de individuales tienen una mejor respuesta en el intervalo 0.1" pero, los de deportes colectivos a medida que avanza el tiempo obtienen una mejor respuesta. En cambio, los datos obtenidos en la gráfica DAE no se consideran muy concluyentes, ya que los resultados son irregulares y no se puede definir una tendencia clara. Se deja constancia que la falta de diferencia entre un grupo y otro, en cuanto a resultados se refiere, puede ser condicionada por la diferencia de la muestra, siendo necesario repetir este estudio con una muestra más homogénea en cuanto a número de participantes en cada grupo.

El objetivo del cuarto estudio es ofrecer una herramienta para detectar el cambio de dirección voluntario a partir de la geolocalización que aporta el sistema GPS (STATSports®) en latitudes (Lat) y longitudes (Lon). La muestra está compuesta por más de 40 alumnos de CAFE del INEFC de Lleida. Realizaron el test v-cut todos los sujetos y se realizó el tratamiento de los datos con todos ellos para comprobar, en una gráfica de dispersión individualmente, que se detectaba en todos los casos los cambios de dirección de la prueba. Las fórmulas para diseñar el tratamiento se basan en la función de condición de Microsoft Excel® " $f_x = SI$ ", definiendo primero si la dirección de las Lat son Este (E) U oeste (O) respecto al intervalo anterior y si la dirección de las Lon son Norte (N) o Sur (S). Teniendo este primer tratamiento se realiza otra condición para determinar si hay cambio de dirección, o no, respecto al intervalo anterior en Lat y Lon por separado. Para finalizar, se genera la última condición para definir cuando hay un cambio de dirección, tanto en latitud como en longitud. Hecho este proceso, se activa la función "filtro" de Microsoft Excel®, ocultando los momentos en los que no se genera ningún cambio de dirección y se podrá realizar una gráfica de dispersión para detectar cuales son los cambios de dirección que ha generado el sujeto. Se concluye que este tratamiento de datos es útil para detectar el cambio de dirección de un sujeto, ya que en el test v-cut, test que se conoce la trayectoria que tiene que realizar el sujeto, detecta los cambios de dirección donde están situadas las zonas establecidas por la prueba. Sería interesante aplicar este tratamiento a tareas específicas, o partidos, donde la trayectoria no esté preestablecida, comprobando si puede ser práctico el uso de esta herramienta para los entrenadores.



## Abstract (Anglès)

The goal of the first study is to validate/to know if the proposal of Manuel Lapuente Sagarra of treating 100m and 30m sprints data, registered with GPS STATSports® technology to achieve the Speed – Time ( $V - T$ ), gives a good correlation with the proposal of Pierre Samozino in 100m sprints. The sample is composed of 28 participants in 100m test and 32 participants in 30m test. All the participants of the sample belong to CAFE of INEFC-LLEIDA. When all the data/tests are registered, the data is exported to Microsoft Excel to perform the treatment of: speed,  $V_{(f)}$ ; acceleration,  $A_{(f)}$ ; and distance,  $D_{(f)}$ . Taking into account the calculations performed, the slopes of the correlation between Acceleration and Speed ( $Sav$ ) are looked up: the A-V slope with filtered values taking into account Lapuente proposal [ $Sav_{max}$ ]; the A-V slope with filtered values taking into account Lapuente proposal but considering 0 the values of theoretical acceleration and theoretical speed when the maximum speed and acceleration are 0, respectively [ $Sav_{max0}$ ]; and the A-V slope with filtered values taking into account the Samozino proposal [ $Sav(t)$ ] of every participant. When these values are obtained, the slope Strength – Speed ( $Sfv$ ) of every participant is looked up, and then, the Pearson correlation of every  $Sav$  with  $Sfv$  is performed. The results with the best correlation are found by using the  $Sav_{max0}$  method, for 100m and 30m sprints. The method  $Sav_{max}$  only gives acceptable correlation in 100m sprints. In conclusion, the proposal of treating data can be a great tool to quantify and observe the performance of athletes.

In the second study, the goal is to investigate if there are differences of the maximum speed ( $V_{max}$ ), the distance to achieve the  $V_{max}$  ( $DV_m$ ) and the time to achieve the  $V_{max}$  ( $TV_m$ ) as function of the sport record ( $HiEs$ ) and the different sprint distances, 100m and 30m, registered with GPS STATSports® technology. The sample is composed of 28 participants in 100m test and 32 participants in 30m test. All the participants of the sample belong to CAFE of INEFC-LLEIDA. The results obtained in 100m test show a similar tendency between the trained and the untrained people in relation to the  $DV_m$  and  $TV_m$ . Moreover, the difference with the high-trained people is about 10m less to achieve the  $V_{max}$  in comparison with the other groups. In addition, the  $V_{max}$  values between the high-trained and the trained are similar. On the other hand, the results obtained in the 30m sprint test are similar in the three variables. If we perform a classification between the collective sports and individual sports, the results obtained in 100m sprint test show a higher average for the people of individual sports to achieve the  $V_{max}$ , but not for the  $DV_m$  and  $TV_m$  values, that show better results in collective sport people. The last analysis, 30m sprint test, we observe similar results to achieve  $V_{max}$ , but there are differences between  $DV_m$  and  $TV_m$ , where the collective sports people show better results. However, the values are affected by the difference of number categories; nevertheless, we cannot conclude that this analysis is suitable to obtain conclusions. Finally, the GPS system can be a great tool for trainers and athletes to measure the performance intra-subject and inter-groups.

The goal of the third study is to analyse the evolution of the velocity in 30m sprints and to compare the results, between athletes of individual sports and athletes of collective sports, by using two variables: the decrease of the acceleration in a sprint ( $DAE$ ) and the increase of the

speed in a sprint (IVE) in the firsts 2.5". The sample is composed of 28 participants in 100m test and 32 participants in 30m test. All the participants of the sample belong to CAFE of INEFC-LLEIDA. The distribution of the groups to perform the analysis is: 23 participants of collective sports and 9 participants of individual sports. The IVE graphic results obtained determine that the athletes of individual sports have a better response in the 0.1" interval, but the athletes of collective sports show a better response when the time goes on. In contrary, the data obtained in DAE graphic does not show a conclusion, the values are irregular and there is no any clear tendency. The differences between groups can appear because of the sample difference, so, it is necessary to repeat the study with a more homogeny sample.

The goal of the fourth study is to offer a tool to detect the volunteer change of direction by using the geolocalization that gives the GPS system (STATSport®) in latitude (Lat) and longitude (Lon). The sample is composed of more than 40 students of CAFE of INEFC-LLEIDA. All the students performed the v-cut tests. A treatment of data is done of all the students in order to verify, in an individual dispersion graphic, that a change of direction is always detected in the test. The formula used in the treatment of the data is based in Microsoft Excel condition " $f_x=SP$ ". First, determining if the direction of latitude is East (E) or West (W) in comparison to the previous interval, and then, if the direction of longitude is North (N) or South (S). Taking into account this treatment, we take into account another condition to determine if there is any change in comparison to the previous interval in Lat and Lon, separately. Finally, we generate a last condition to determine if there is a change in both at the same time. After applying all the conditions, the filter function is used to eliminate the results that do not contain any change of direction, and building a dispersion graphic, the change of direction of every subject can be detected. In conclusion, this data treatment is useful to detect a change of direction of a subject because the v-cut test detect the changes in established zones. It will be interesting to apply this treatment to specific activities or matches, where the trajectory is not pre-established and to evaluate if it can be useful for trainers.

## Introducció

La quantificació i control de la càrrega d'entrenament és una estratègia acceptada per preparadors físics com a punt de partida per la optimització del rendiment esportiu (Hernández, Casamichana & Sánchez-Sánchez, 2017). La quantificació de la càrrega física de les sessions d'entrenament i la monitorització dels jugadors permeten als entrenadors generar els canvis pertinents dia per dia (Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román, & Castagna, 2013; Scott, Lockie, Knight, Clark, & Janse De Jonge, 2013), sent de vital importància per a millorar el rendiment tant a nivell individual de cada esportista en entrenaments com en competició.

La càrrega en l'esport està basada en el volum per la intensitat, sent la primera la quantitat de treball realitzat incorporant les hores d'entrenament, la massa desplaçada per sessió, les sèries i les repeticions i, la intensitat, expressada com un percentatge de la càrrega d'una repetició màxima (Bompa, 2006) i la freqüència d'entrenament. Hi ha quatre mètodes per quantificar la càrrega d'entrenament segons Hopkins: qüestionaris retrospectius, els més senzills de confeccionar i més barats; els diaris, un mètode més vàlid que l'anterior des del punt de vista de l'esport, però els esportistes perden l'interès al llarg del temps; monitorització fisiològica, monitorització durant una sessió d'entrenament o monitorització en un període de temps extra – sessió; i observació directa, aquesta elimina la subjectivitat de l'esportista, però pot induir a error per part de l'observador (Hopkins, 1991). La percepció subjectiva de l'esforç, per part de l'entrenador i cos tècnic, contrastada amb la percepció de l'esportista pot ser una bona eina per determinar si les càrregues planificades s'assemblen a les realitzades (Wallace, Slaterry & Coutts, 2009). La tecnologia GPS és també un instrument utilitzat per a quantificar la càrrega d'entrenament, començant a aparèixer en l'esport a partir del 2001 (Larsson & Henriksson-Larsen, 2001).

L'esport d'alt rendiment normalment s'associa a noves tecnologies, poques vegades es comenta que aquestes s'apliquin o es vulguin aplicar a esportistes amateurs o de formació, ja sigui perquè són cars o perquè potser es veuen massa "complexes" per explotar les seves possibilitats. Això comporta que no es miri més enllà de tests físics estandaritzats, de distància total recorreguda, pulsacions per minut, entre altres variables per determinar la càrrega dels esportistes. Durant els últims anys, han sorgit diferents empreses que ofereixen instruments GPS cada cop més específics i sofisticats, i també d'altres de molt econòmics, però la qüestió pertinent no és quin instrument adquirir sinó què es pretén buscar, ja que aquests dispositius aporten una quantitat immensa de dades (Dades amb GPS, accelerometria Triaxial, càlculs concrets de cada software...). En la majoria dels esports, i encara més en els col·lectius, els aspectes claus per millorar el rendiment sempre es basen en la velocitat de les accions; el jugador més ràpid superarà al més lent ja sigui en esprints, canvis de direcció o en un gest tècnic específic.

La velocitat és l'agrupació de factors que permeten realitzar accions motrius, en les condicions donades, en el menor temps possible (Martin Acero, 2000), aquestes accions però, estaran condicionades no només per la quantitat de velocitat que s'assoleixi, sinó que serà de vital importància el procés d'adquisició d'aquesta velocitat, és a dir, l'acceleració, que es defineix com la magnitud física que indica com varia la velocitat d'un cos en relació al transcurs del temps.

Tenint en compte aquesta perspectiva, quan s'escull una tasca, en esports col·lectius o individuals, i es delimita un espai reduït respecte el terreny de competició, com es pot determinar que la distància escollida és la suficient perquè els practicants millorin les diferents manifestacions de velocitat? Per conèixer això, caldrà esbrinar com esprinten, però, hi ha diferències en funció de la distància que hagin de recórrer? Per conèixer la resposta d'aquestes qüestions es planteja la utilització del sistema GPS com a mètode de quantificació de càrrega en els entrenaments i durant la competició, oferint els entrenadors la oportunitat de que puguin adaptar els seus entrenaments i optimitzar el rendiment dels seus esportistes. Però com es comenta anteriorment, pot ser que els professionals no estiguin formats per fer entendre les dades ofertes pels dispositius, realitzar un tractament d'aquestes, analitzar-les, etc.

L'objectiu d'aquest treball final de grau és aportar diferents propostes de tractament de dades enregistrades amb GPS, per a poder facilitar la utilització d'aquesta tecnologia a l'esport semi-professional, amateur i de formació tan de caràcter individual com col·lectiu.

## Metodologia

### *Subjectes*

Van participar més de 40 estudiants universitaris de ciències de l'activitat física i l'esport [edat 18±30 anys] considerats esportistes els que tenen fitxa federativa, població activa els que acumulen més de 150 minuts d'activitat física setmanal sense fitxa federativa i esportistes altament entrenats aquells que hagin participat en competicions d'alt rendiment. Per la elecció de la mostra es van analitzar les diferents proves (esprint lineal de 100 i 30m) descartant aquells que es va intuir no realitzaven la prova a màxima intensitat (corba de la gràfica Velocitat-Temps de manera progressiva, és a dir, sots-màxima).

### *Procediment*

Es va presentar als subjectes els tipus de proves a realitzar (esprints de 30 i 100m llisos i v.cut), descrivint els temps de descans i les repeticions per a cada una de les proves.

L'esprint de 30 metres consistia en realitzar una sortida des d'aturat i dempeus, a màxima intensitat, en línia recta; l'inici del test era lliure, és a dir, no hi havia cap mena d'estímul (ni auditiu, ni tampoc sonor) per a la realització de la sortida, les úniques indicacions eren que havien de sortir dempeus, sense xafar la línia de sortida i des d'aturat.

L'esprint de 100m va consistir en efectuar una sortida des d'aturat i dempeus, a màxima intensitat, en línia recta; el començament de la prova es va dur a terme sense estímuls sonors, amb les mateixes normes que en la prova de l'esprint de 30 metres.

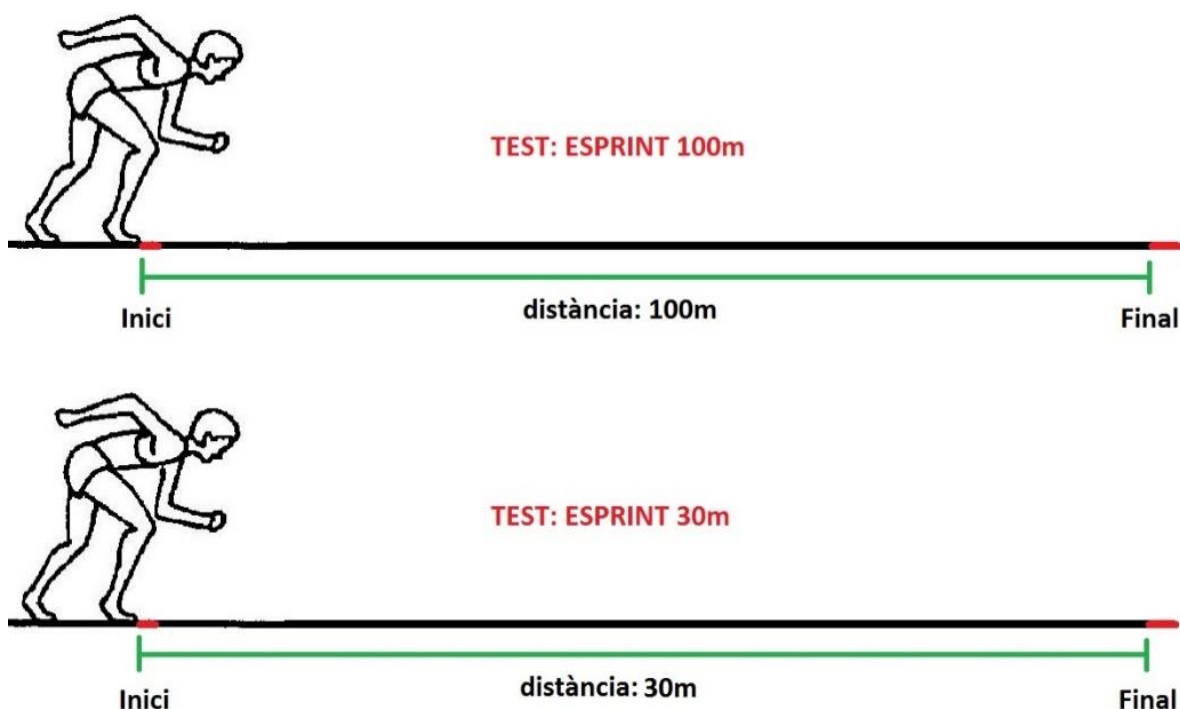


Figura 1: Il·lustració esquemàtica de les proves test dels 100m llisos i els 30m llisos

La prova del v-cut, consisteix en la realització d'un esprint de 25 metres amb 4 canvis de direcció amb un angle de 45 graus (Gonzalo-Skok, 2015). Aquest test pot ser molt interessant en esports on els canvis de direcció siguin una acció molt desenvolupada durant la competició. L'anàlisi d'aquest test amb GPS, més enllà del temps inici – final, pot aportar tanta informació com es vulgui descomposar la prova en el tractament de dades; acceleracions/desacceleracions, cama dreta/esquerra, els primers/últims canvis, etc.

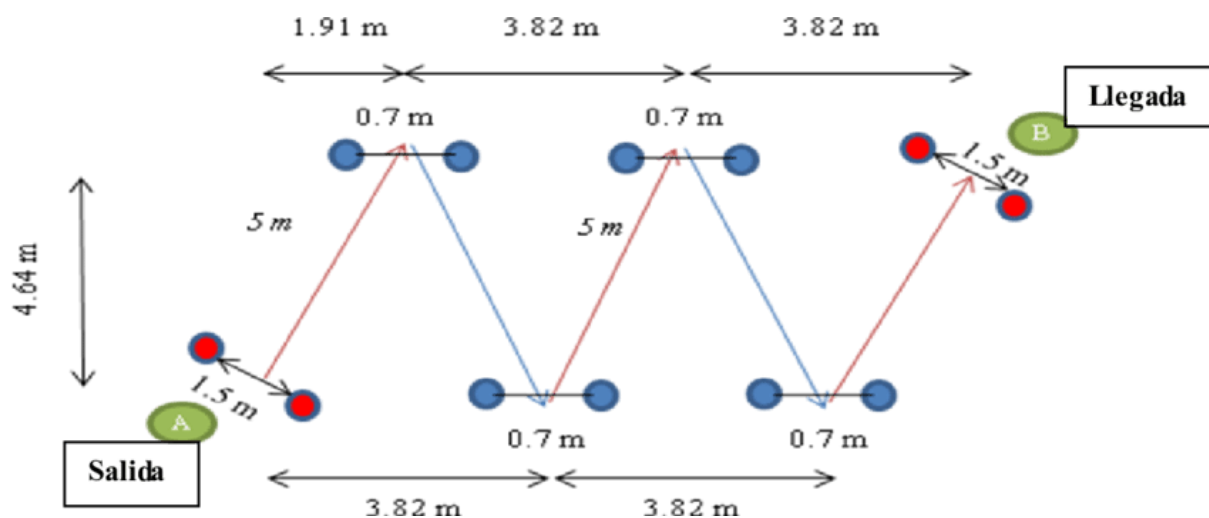


Figura 2: Il·lustració esquemàtica de la prova test V-Cut (Gonzalo-Skok, 2015)

Es va realitzar un escalfament estàndard per a tots els participants de manera dirigida, simultàniament per a tots els subjectes que consistia en: Realitzar 5 minuts de cursa contínua, seguidament un augment del ritme de manera progressiva d'aquesta cursa. Per finalitzar l'escalfament els subjectes van acabar amb uns esprints en progressió. Per dur a terme les proves es va dividir el grup en dos de manera aleatoritzada, cosa que va afavorir fent més àgil la realització d'aquestes. Quan es van tenir totes les proves enregistrades es va fer una transportació de dades de tots els estudiants.

### *Instruments*

El material utilitzat per la recollida de dades van ser els GPS STATSports®, cada subjecte en portava un col·locat amb una armilla de pit elàstica adaptable al cos.

El sistema GPS es va inventar amb finalitats militars a EEUU, es basa en un sistema de localització de posició mitjançant el temps entre enviament i rebuda de la senyal del GPS receptor i els satèl·lits, sent necessaris la sincronització de tres satèl·lits per determinar aquesta geolocalització (Larsson, 2003). En esport, els dispositius GPS es solen utilitzar per aportar informació sobre distància, velocitat i la intensitat d'esprints repetits dels esportistes (Scott, Black, Quinn & Coutts, 2013), també per a quantificar les demandes físiques d'un partit de competició (Clarke, Anson & Pyne, 2014) a més precisió dels GPS es podrà quantificar millor els canvis de direcció, sent molt important per millorar la condició física dels practicants i el disseny dels programes específics d'entrenament (Aughey, 2011).

Els GPS més moderns poden proporcionar una eina acceptable per al mesurament de la constant velocitat, acceleració i desacceleració durant el funcionament en línia recta i tenen la sensibilitat suficient per detectar canvis en el rendiment (Varley, Fairweather, Aughey, 2011), per això és essencial conèixer la fiabilitat i la validesa de la tecnologia que s'està utilitzant (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009), en el cas dels STATSports®, en aquest 2018 arribant a registrar fins i tot a 18 Hz en GPS i 600 Hz en accelerometria triaxial.

El hardware d'STATSports® utilitzat enregistra a 400 Hz d'accelerometria triaxial i 10 Hz en GPS, sent una bona eina per a poder veure de manera objectiva què és el que succeeix en moments molt específics. La facilitat a més a més de col·locació per als subjectes permet implementar-la dins dels entrenaments d'esports col·lectius sense influir en les tasques específiques de l'esport, cosa que altres instruments de mesura impossibiliten o compliquen el seu ús dins d'aquestes accions (radars, cèl·lules...).



## Estudi1: Proposta alternativa de valoració del perfil Velocitat – Temps de Manuel Lapuente Sagarra amb dades enregistrades per tecnologia GPS STATSports® 10Hz

### Introducció

El GPS ha esdevingut una eina força estandarditzada en els últims anys, entre altres tecnologies, per l'esport d'alt rendiment, sent un molt bon suport pels entrenadors i membres de cos tècnic de moltes disciplines esportives per la seva quantitat ingent de dades que enregistren aquests aparells cada dia més sofisticats. Per tant, a primer cop d'ull es podria dir que és un bon instrument per a la quantificació de la càrrega dels esportistes. Fent una revisió de la literatura, es troben diferents aparells que han estat utilitzats per a la quantificació de la càrrega, sent el radar molt estès per a proves de valoració de l'esprint horitzontal lineal, dispositiu que fou validat en estudis d'esprints en diverses ocasions (Chelly & Denis, 2001; di Prampero, Fusi, Sepulcri, Morin, Belli & Antonutto, 2005; Morin, Jeannin, Chevallier & Belli, 2006).

Es parteix de la premissa que és de vital importància conèixer les diferents manifestacions de velocitat, aquests instruments poden ser utilitzats per disposar d'una quantificació de la càrrega individual per cada esportista, sent beneficis no només pels entrenadors, sinó també pels practicants, podent conèixer quin és el seu rendiment de manera objectiva més enllà dels resultats específics de la competició. Existeix un plantejament de tractament de dades complex per aconseguir el perfil Velocitat – Temps (Samozino, Rabita, Dorel, Slawinski, Peyrot, Saez de Villarreal & Morin, 2015), és a dir, la gràfica on es veu expressada la evolució de la velocitat en el temps, però val a comentar que aquest mètode fou utilitzat per primer cop amb dades enregistrades amb instrumentació radar i no amb GPS (Morin, Bourdin, Edouard, Peyrot, Samozino & Lacour 2012). Per poder realitzar una comparativa entre aquest mètode i la nova proposta de Lapuente, les fórmules que s'utilitzen de Morin i Samozino són: l'acceleració,  $a(t)$ ; la velocitat,  $v(t)$ ; i la distància,  $x(t)$ :

$$a(t) = \left( \frac{V_{max}}{\tau} \right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v(t) = V_{max} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$x(t) = V_{max} \cdot \left( t - \tau + \tau \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

La  $V_{max}$  és la velocitat màxima teòrica i  $\tau$  és el temps d'acceleració constant (anomenada també tau).

Més enllà d'aquestes fórmules, Morin també realitza un altre càlcul complex per aconseguir la potència mecànica i trobar el coeficient de correlació amb el mètode Pearson entre el rendiment de l'esprint dels 100m lineals (velocitat màxima) i la potència mecànica mitjana o màxima de la massa en direcció horitzontal, sent 0.810 i 0.863 respectivament (Morin et al., 2012), però no s'ha considerat necessari utilitzar-les per fer una comparativa entre mètodes per aconseguir el perfil Velocitat – Temps.



És molt interessant la proposta prèvia explicada, però molt complexa per dur a terme si no es fa un estudi a fons de les fórmules i entendre quin és el tractat que es realitza. En canvi, la proposta alternativa de Lapuente és molt més senzilla d'entendre i d'elaborar, tot i que el filtratge de dades no és tant exhaustiu i per tant les gràfiques no surten tant modelitzades, no hi ha tanta pèrdua d'informació.

La idea d'aquest estudi és fer una comparativa entre la modelització de la corba Velocitat-Temps de Samozino (2015) i d'una proposta alternativa plantejada per Lapuente que es tracta d'una simplificació del mètode per obtenir resultats similars, per oferir a més entrenadors la oportunitat de conèixer i utilitzar el GPS com a mesurador de rendiment, tant en els esports d'equip com en els individuals, ja que aquest instrument ja no es pot considerar més una eina exclusiva de l'alt rendiment.

### Variables independents

Les dades que s'utilitzaran, que provenen directament dels GPS, són la velocitat i el temps:

La Velocitat màxima ( $V_{max}$ ), és la velocitat més elevada que s'assoleix en un temps determinat.

Temps transcorregut (T): Com els GPS enregistren cada 0.10", s'utilitza aquesta unitat en cada dada emprada per la realització del tractament de les dades, sent cada casella 0.10".

### Metodologia

#### *Subjectes*

28 participants en la prova dels 100m llisos i 32 en la prova dels 30m llisos són els que varen passar el filtre per ser analitzats (Màxima intensitat expressada en la corba de la gràfica velocitat-acceleració).

#### *Procediment*

Després de realitzar les proves dels esprints de 100 i 30 metres i del buidat de dades dels hardwares al programa informàtic d'STATSports®, s'ha de detectar els tests al software i transportar les dades del software a una full de Microsoft Excel®. Fet aquest pas ja es pot començar a parlar sobre la proposta alternativa de Lapuente, que es basa en realitzar tres càlculs inicials per trobar la velocitat màxima i l'acceleració màxima en cada prova i en cada subjecte:

La Velocitat màxima ( $V_{max}$ ): El GPS proporciona 1 dada de velocitat per unitat de temps (0.10"), és a dir, 10 dades de velocitat cada 1 segon, però es realitza un filtratge d'aquestes per a generar una modelització del perfil corba Velocitat – Temps ( $V - T$ ), aquest filtratge s'aconsegueix amb la següent fórmula:  $V = \text{PROMEDIO}(\text{de les dues cel·les anteriors a la cel·la "Velocitat" que ens proporciona el GPS, i les dues cel·les posteriors})$ , és a dir, 5 cel·les en total. Tenint aquesta fórmula feta, només caldrà observar quin és el valor més elevat, sent aquell la  $V_{max}$ .

Exemple:

$$V_{3(f)} = \text{PROMEDIO} (V1:V5)$$

La Acceleració màxima (A<sub>max</sub>): Per trobar l'acceleració parcial, A(p), es restarà la Velocitat filtrada del parcial anterior al parcial posterior i es dividirà per (2/10). A continuació es realitza el filtratge igual que amb la Velocitat: A= PROMEDIO(de les dues cel·les anteriors a la cel·la "Acceleració" i les dues cel·les posteriors), és a dir, 5 cel·les en total. Tenint aquest càlcul realitzat, només caldrà observar quin és el valor més elevat (primera o segona cel·la), sent aquell la A<sub>max</sub>.

Exemple:

$$A3(p) = \left( \frac{V4(f) - V2(f)}{2/10} \right)$$

$$A3(f) = PROMEDIO(A1_{(p)}: A5_{(p)})$$

Trobades aquestes dades, es planteja trobar la pendent de l'Acceleració – Velocitat (Slope A-V) des de dues perspectives diferents:

Quan la velocitat és màxima l'acceleració teòrica és 0 m/s<sup>2</sup> i quan l'acceleració és màxima la velocitat teòrica és 0 m/s<sup>2</sup>: "Sav max0"

Taula 1.

*Proposta de la pendent acceleració – velocitat teòriques zero.*

V (km/h)	Acc (m/s <sup>2</sup> )	Sav max0
32.07	0	-0.183
0	5.87	

Quan la velocitat és màxima l'acceleració és la cel·la contigua d'aquesta, i quan l'acceleració és màxima la velocitat és la cel·la contigua d'aquesta, és a dir, el valor que ens donen els càlculs realitzats prèviament: "Sav max"

Taula 2.

*Proposta de la pendent acceleració – velocitat filtrades per Lapuente.*

V (km/h)	Acc (m/s <sup>2</sup> )	Sav max
32.07	0.03	-0.236
7.34	5.87	

Amb la pendent trobada des d'aquestes dues perspectives, es realitza també la Slope A-V de la proposta de Samozino et al., (2015): "Sav (t)"

Taula 3.

*Proposta de la pendent acceleració – velocitat filtrades per Samozino (2015).*

V (km/h)	Acc (m/s <sup>2</sup> )	Sav (t)
31.92	0.04	-0.231
2.56	6.83	

Per saber si la proposta és acceptable, es necessita comprovar la correlació que hi ha entre la Slope A-V de les tres opcions i la pendent Força – Velocitat (Slope F-V; Sfv). La “F” és la Força horitzontal neta, calculada per Samozino et al., (2015) on tenen en compte la massa del subjecte, l’acceleració (càlcul explicat anteriorment a la pàgina 15) i la força del vent.

### *Anàlisi de dades*

El mètode d’anàlisi d’aquest estudi es basa en la determinació del coeficient de correlació producte – moment de Pearson ( $r_{xy}$ ) entre els valors de la pendent Acceleració – Velocitat (Sav max0, Sav max i Sav(t)) i els valors obtinguts de la pendent Força – Velocitat (Sfv),

$$= COEF.DE.CORREL(Sfv; Sav\ max0)$$

$$= COEF.DE.CORREL(Sfv; Sav\ max)$$

$$= COEF.DE.CORREL(Sfv; Sav(t))$$

per validar la nova proposta del tractament de dades com a mètode eficaç per aconseguir el perfil Velocitat – Temps. Posteriorment també es realitza la correlació que hi ha entre les dades filtrades de la proposta de Lapuente (pàgines 11 i 12) amb les dades que ofereix el GPS, sense rebre tractament previ.

Els termes per a definir quina validesa té cada mètode segons el grau de s'utilitza la classificació de Barrow & McGee (1978); +0.85 = Excel·lent; 0.80 a 0.84 = Molt Bona; 0.70 a 0.79 = Acceptable; 0.65 a 0.69 = Qüestionable; 0.60 a 0.64 = Qüestionable.

### *Resultats*

Abans de fer la comparativa entre els dos mètodes, es crea la correlació que hi ha entre la pendent de la força-velocitat, “Sfv”, i la pendent acceleració-velocitat “Sav (t)” de la proposta de Samozino et al., (2015) de tots els subjectes, sense barrejar les diferents proves. Feta aquesta correlació, es busca la pendent acceleració-velocitat (quan la velocitat és màxima la acceleració teòrica és 0 i quan la acceleració és màxima la velocitat teòrica és 0) que està expressada en aquest article com a “Sav max0”, i també es busca la pendent acceleració-velocitat utilitzant les dades exactes proporcionades pel mètode simplificat de Lapuente, que a l'article està expressat com a “Sav max” de tots els subjectes, en cada prova, sense barrejar-les.

### *Esprint de 100m*

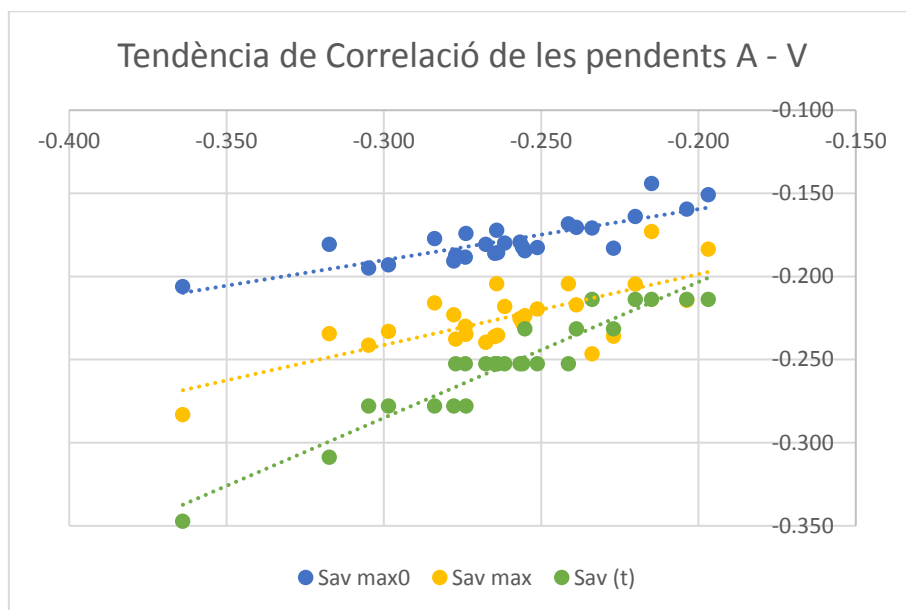
En la prova de 100m llisos, la correlació entre Sfv i Sav (t) és de 0.951, mentre que entre Sfv i Sav max0 és de 0.819 i quan s'utilitza les dades exactes, és a dir Sav max, és de 0.730 (Taula 4).

Es considera rellevant comentar també la correlació que hi ha, entre les dades reals que ofereix el software STATSports® (les dades crues, sense filtrar) i les dades modelitzades. La correlació de l'Acceleració Màxima és de 0.859 i la Velocitat Màxima és de 0.995 (Taula 5).

Taula 4.

Coeficient de correlació entre les diferents propostes de pendents d'a-v (esprint 100m)

	<i>Sav (t)</i>	<i>Sav max0</i>	<i>Sav max</i>	<i>Sav max0 - Savmax</i>
<b>COEF.DE.CORREL</b>	0.951	0.819	0.730	0.090


 Figura 3: Tendència de correlació de les dues propostes de Lapuente (*Sav max* i *Sav max0*) i de Samozino [*Sav(t)*]

Taula 5.

Coeficient de correlació entre acc. i vel. de GPS amb acc. i vel. filtrades per Lapuente (esprint 100m)

	<i>Amax i Amax GPS</i>	<i>Vmax i Vmax GPS</i>	<i>Diferència</i>
<b>COEF.DE.CORREL</b>	0.859	0.995	0.136

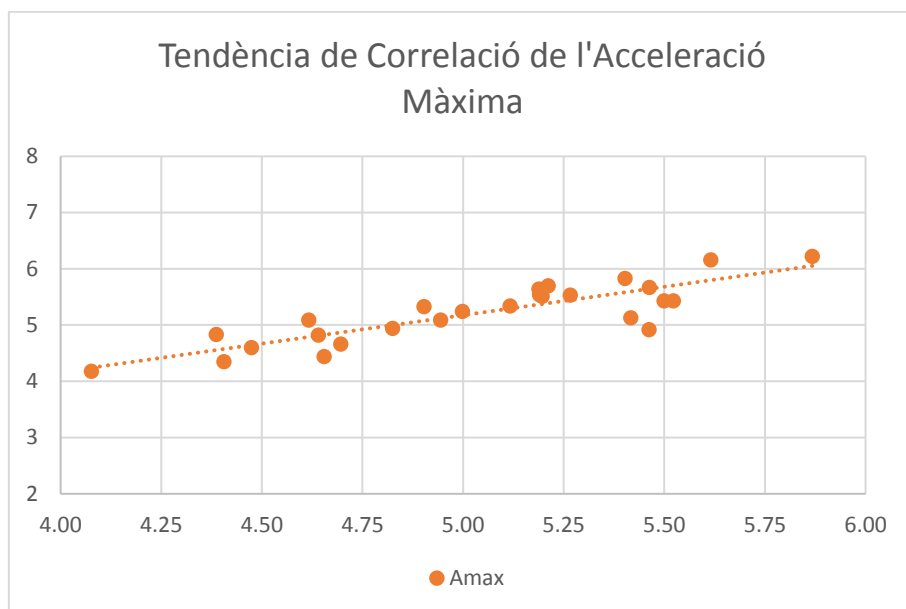


Figura 4: Tendència de correlació de l'acceleració màxima tractada per Lapuente i l'acceleració màxima del GPS sense filtrar

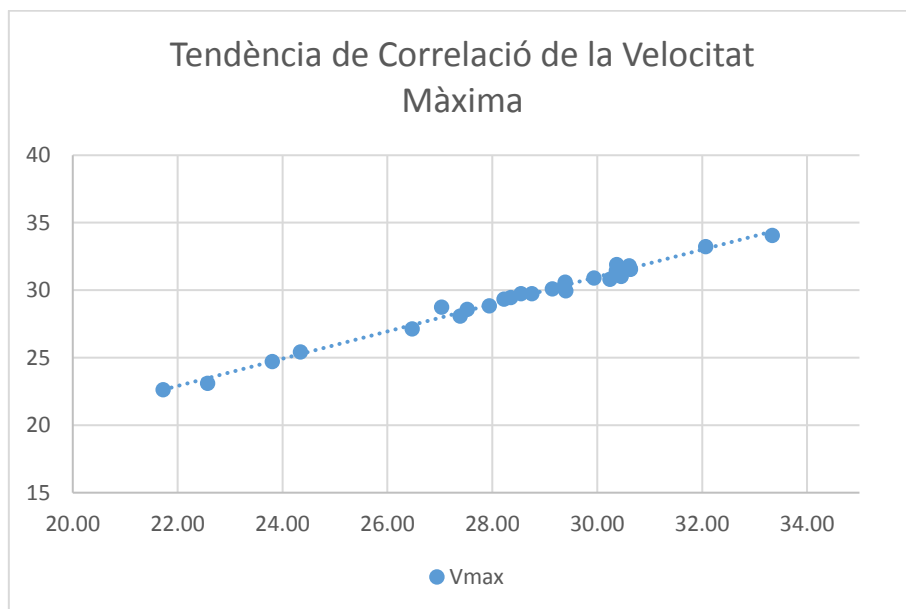


Figura 5: Tendència de correlació de la velocitat màxima tractada per Lapuente i la velocitat màxima del GPS sense filtrar

Com es pot observar en la figura 6, les dades que ens ofereix en el GPS de velocitat no són progressives, per tant, el que proposen en Samozino et al., (2015) és un filtratge d'aquestes dades amb una conseqüent modelització de la corba Velocitat – Temps (figura 7). La proposta de Lapuente, en canvi, planteja un filtratge de dades més senzill que comporta una suavització de la gràfica però menys modelitzada que la proposta de Samozino et al., (2015), tot i que s'hi acostava força (figura 8).

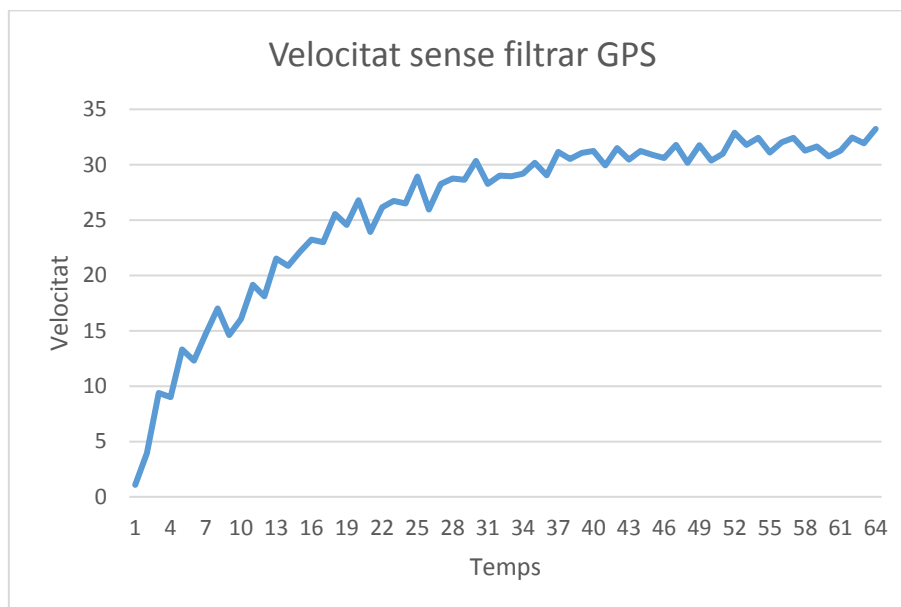


Figura 6: Relació velocitat – temps (dades de GPS sense filtrar) en  $m/s^2$  (esprint 100m)

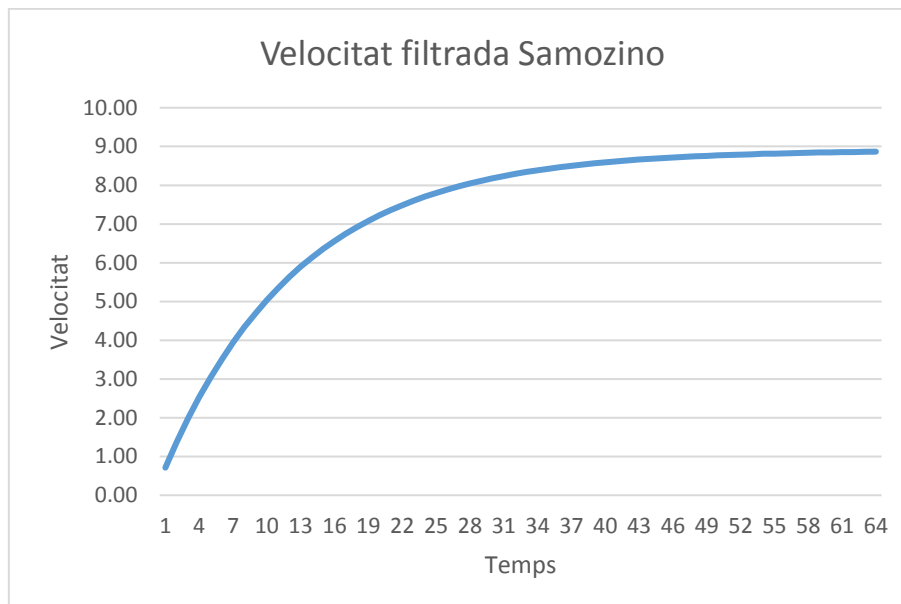


Figura 7: Relació velocitat – temps (modelització de Samozino et al., 2015) en  $m/s^2$  (esprint 100m)

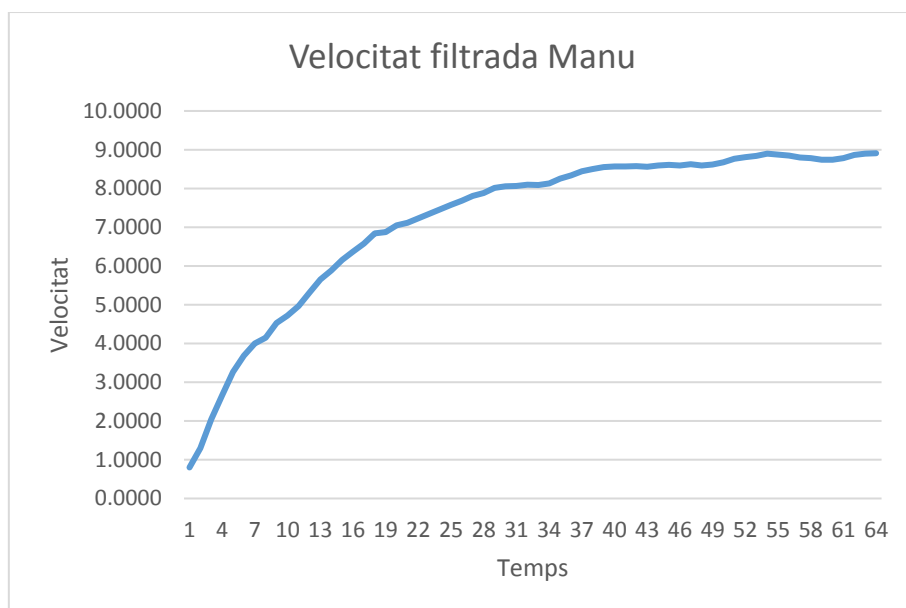


Figura 8: Relació velocitat – temps (proposta de filtratge d'en Lapuente) en  $m/s^2$  (esprint 100m)

### Esprint de 30m

En la prova de 30m llisos, la correlació entre Sfv i Sav(t) és de 0.978, mentre que entre Sfv i Sav max0 és de 0.728 i quan s'utilitza les dades exactes, és a dir Sav max, és de 0.640 (Taula 3).

Es considera rellevant comentar també la correlació que hi ha, entre les dades reals que ofereix el software STATSports® (les dades crues, sense filtrar) i les dades modelitzades. La correlació de l'Acceleració Màxima és de 0.912 i la Velocitat Màxima és de 0.990 (Taula 4).

Taula 6.

Coefficient de correlació entre les diferents propostes de pendents d'a-v (esprint 30m)

	Sav (t)	Sav max0	Sav max	Sav max0 - Savmax
COEF.DE.CORREL	0.978	0.728	0.640	0.088

Taula 7.

Coefficient de correlació entre acc. i vel. de GPS amb acc. i vel. filtrades per Lapuente (esprint 30m)

	Amax i Amax GPS	Vmax i Vmax GPS	Diferència
COEF.DE.CORREL	0.912	0.990	0.078



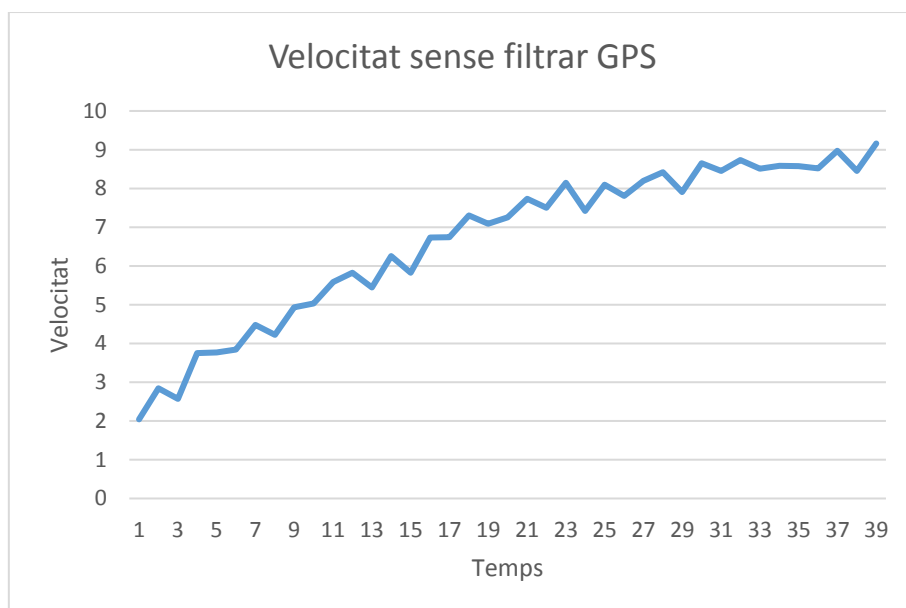


Figura 9: Relació velocitat – temps (dades de GPS sense filtrar) en  $m/s^2$  (esprint 30m)

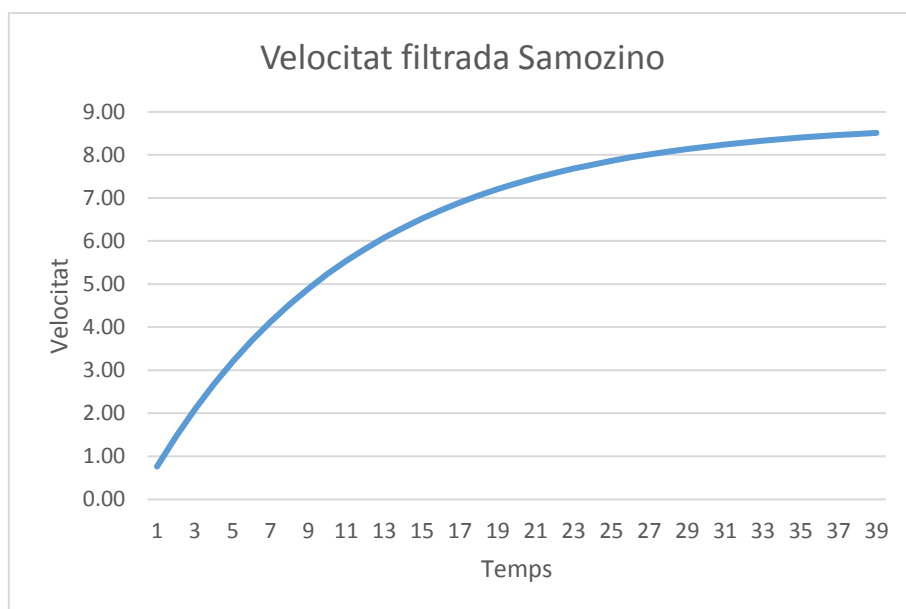


Figura 10: Relació velocitat – temps (modelització de Samozino et al., 2015) en  $m/s^2$  (esprint 30m)

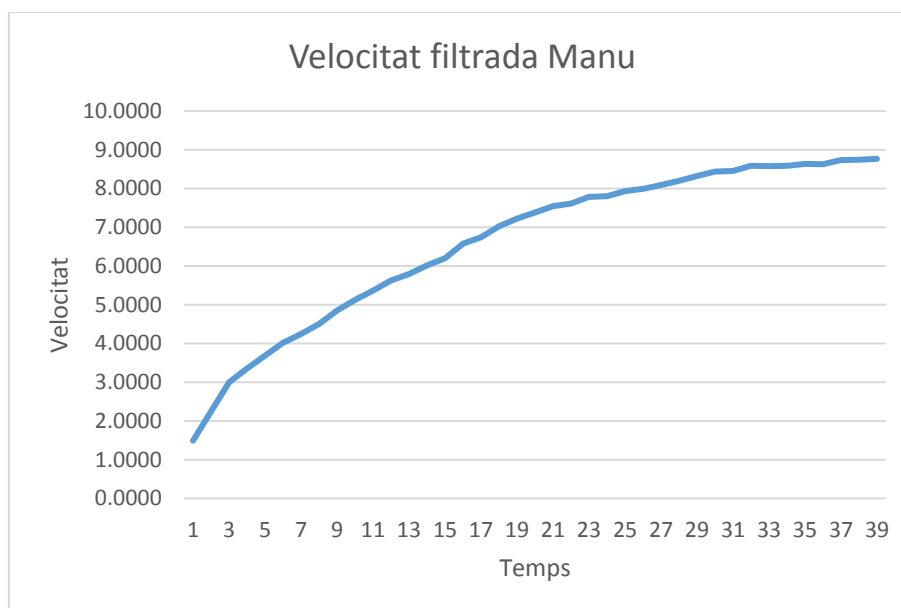


Figura 11: Relació velocitat – temps (proposta de filtratge d'en Lapuente) en  $m/s^2$  (esprint 30m)

## Discussió

El sistema GPS aporta gran quantitat d'informació que pot ser molt útil en esport, sent molt sensible per a detectar canvis de rendiment en esprints lineals (Varley, Fairweather, Aughey, 2011). Estudiant la evolució entre les dues propostes, tant la pendent amb acceleració i velocitat teòriques zero com amb les dades filtrades, s'aprecien diferències i similituds. En l'esprint de 100m, es pot veure que la correlació és “molt bona” en el mètode Sav max0 i “acceptable” amb el mètode Sav max, però la diferència que hi ha entre la proposta Sav max i Sav max0 pot venir condicionada per l'evolució entre les dues propostes de l'acceleració. En l'interval dels primers 0.5 segons, l'acceleració en la proposta del càlcul d'en Lapuente no és uniforme, però a partir de l'interval 0.6 segons en la majoria dels casos l'acceleració es normalitza, donant valors similars amb el càlcul de l'acceleració de Samozino et al., (2015).

En canvi, en l'esprint de 30m, es pot veure una correlació inferior, però sent encara força interessant en la proposta Sav max0 donant validesa “acceptable”. La disminució de la correlació en la Sav max (validesa “qüestionable”) pot ser deguda per la variabilitat entre l'acceleració, igual que en la prova anterior, normalitzant-se però en aquesta de forma més tardana, entre l'interval 0.9 segons i 1.3 segons.

Es descarta, tant en l'esprint de 100m com en el de 30m, que la diferència de correlació sigui per la velocitat, ja que són molt similars des del primer interval en tots els casos observats.



## Conclusions

Es conclou que les noves propostes de Lapuente poden ser de gran utilitat per a la quantificació i observació de rendiment dels esportistes, arribant a ser una gran eina que permet estalviar temps, ja que es podria deixar de fer tests inespecífics, els quals els jugadors no els motiva, i poder comparar fàcilment inter i intrasubjecte la seva evolució en funció a les respostes dels esportistes a cada acció en tasques d'entrenament i/o en la pròpia competició. Per tant, es planteja la possibilitat d'utilitzar les tasques específiques de cada esport com a "tests específics" i observar què és el que succeeix a nivell de manifestacions de velocitat emprant el GPS com a instrument de quantificació de rendiment.

Estudi2: Quantificació de dades d'obtenció de velocitat màxima ( $V_{max}$ ), distància on s'assoleix ( $DV_m$ ) i el temps necessari per assolir-la ( $TV_m$ ) enregistrades amb GPS. Diferències en funció de l'historial esportiu (HiEs) i la distància a recórrer

## Introducció

Quan s'entrena per realitzar un esport, l'entrenament és més efectiu quan es coneixen les demandes específiques d'aquella modalitat esportiva (Da Silva, Kirkendall & Neto, 2007). Seria interessant conèixer quina és la resposta dels jugadors, no només les demandes fisiològiques, sinó també la demanda física; distàncies i duracions dels desplaçaments realitzats pels jugadors (Casamichana, Castellano, González-Morán, García Cueto, & García López, 2011), per tant seria de molta ajuda poder comptar amb dades objectives, que aportessin informació suficient per determinar quines són les demandes a nivell de càrrega física d'aquella modalitat. El sistema GPS és una eina que pot aportar aquesta informació de manera molt precisa a partir de velocitats, distàncies, acceleracions, entre altres (Reid, Duffield, Dawson, Baker & Crespo, 2008). Per posar un exemple: un entrenador escull una tasca i delimita un espai reduït respecte el terreny de competició, però com pot determinar que la distància escollida és la suficient perquè els seus practicants millorin les diferents manifestacions de velocitat i mantenir una intensitat que no fos contradictòria amb l'objectiu a millorar?

Revisant la literatura, no s'han trobat gaires estudis que comparin la diferència entre els esportistes de diferents disciplines esportives, fet que ha de ser estudiat degut a la variabilitat d'esforços en els diferents esports col·lectius (Jiménez, Ríos, Casas & Ríos, 2009), tot i que seria també important considerar els esportistes que provenen d'esports individuals, fent un anàlisi de la variabilitat (o similitud) de respostes en esprints de 100m i 30m, podent fer un anàlisi de la capacitat de cada subjecte per adaptar-se en funció de la distància total a recórrer. És per això que neix la idea d'aquest estudi, ja que pot ésser molt interessant no només conèixer l'Historial Esportiu (HiEs) d'un esportista, sinó saber quines característiques presenten els practicants de la disciplina de la qual provenen, podent obtenir un perfil individual més complet de cadascun d'ells.

Per això mateix l'objectiu d'aquest estudi va ser conèixer si hi ha diferències entre diferents variables (quina és la velocitat màxima, a quina distància s'aconsegueix la velocitat màxima i quant es tarda en aconseguir aquesta velocitat màxima) en funció de l'HiEs dels subjectes i la capacitat d'adaptació intra-subjecte a la distància a recórrer (esprints de 30 i 100m llisos) amb la utilització de GPS.

## Variables independents

Velocitat màxima (Vmax): Com a indicador de màxim rendiment.

Distància on s'assoleix la Vmax (DVm): Distància, expressada en metres, que necessita cada subjecte per a manifestar la seva màxima expressió de velocitat de translació.

Temps transcorregut per assolir la Vmax (TVm): Temps, expressat en segons, que ha tardat cada subjecte per assolir el seu punt màxim de velocitat de desplaçament.

## Hipòtesis

La hipòtesis que es planteja és que, hi ha diferència en la gestió de la velocitat i l'acceleració en funció de l'Història Esportiva (HiEs) dels subjectes, és a dir, que es podran veure clarament manifestacions diferents en els moments d'assoliment de la velocitat màxima (tant en temps com en distància) i de tipus d'acceleracions (Més intenses o més conservadores), per tant s'haurà de considerar com a variable dependent l'HiEs de cada subjecte a entrenar i/o analitzar.

## Metodologia

### *Subjectes*

28 participants en la prova dels 100m llisos i 32 en la prova dels 30m llisos són els que varen passar el filtre per ser analitzats (Màxima intensitat, explicat prèviament a la pàgina 10).

### *Procediment*

A priori, als alumnes se'ls va passar un test per saber el seu HiEs que consistia en respondre les següents preguntes: Quin esport practiques/has practicat més? (Has practicat algun altre esport o A.F.?); Quants anys de pràctica esportiva?; Quantes hores de pràctica a la setmana?; Quina fou la categoria màxima assolida en aquesta pràctica?.

Tenint aquesta informació, es decideix categoritzar-los en dos grans grups; Segons esport (Individual o Col·lectiu) i segons nivell de pràctica (Entrenats, No Entrenats o Altament Entrenats), permetent fer dos anàlisis, comparant-los segons el tipus d'esport i segons el seu nivell d'entrenament.

Per trobar les dades de velocitat màxima, distància on s'assoleix la velocitat màxima i el moment temporal en el qual s'assoleixen les dues dades anteriors es necessita realitzar una sèrie de càlculs, per poder així a posteriori fer l'anàlisi pertinent d'aquestes dades:

Velocitat màxima (Vmax): Explicat anteriorment a la pàgina 14

Distància on s'assoleix la Vmax (DVm). Per aconseguir aquesta dada amb el GPS seran necessàries dues dades; cada dada de velocitat enregistrada sense filtrar (V) i els Hz als quals registra l'aparell, és a dir, el temps (T). Les diferents fórmules per trobar aquesta dada són les següents: Distància (D) = (Velocitat de la cel·la contigua / 3.6)\*(1/10) ; Distància filtrada ( $D_f$ ) = PROMEDIO(de les dues cel·les anteriors a la cel·la "Distància" i les dues posteriors), és a dir, 5 cel·les en total. Tenint aquestes fórmules fetes, només caldrà sumar fins a la cel·la de la Vmax i s'obté el valor de la DVm.

Exemple:

$$D3 = \left( \left( \frac{V3}{3.6} \right) \cdot \left( \frac{1}{10} \right) \right)$$
$$D3_{(f)} = PROMEDIO(D1:D5)$$
$$DVm = SUMA(D_{(f)}:D_{(f)})$$

Temps transcorregut per assolir la Vmax (TVm). Com els GPS enregistren cada 0.10", s'utilitza aquesta unitat en cada dada emprada per la realització del tractament de les dades, sent cada casella 0.10" i només caldrà realitzar una suma fins a la cel·la de la Vmax per determinar el valor d'aquesta variable. Tenint totes aquestes dades tractades per a cada subjecte individualment es realitza l'agrupació per grups esmentada anteriorment, facilitant així l'anàlisi pertinent.

Exemple:

$$TVm = SUMA(T:T)$$

#### *Anàlisi de dades*

El mètode d'anàlisi emprat es basa en moments, conèixer la tendència central dels subjectes a partir de la mitjana aritmètica ( $\bar{X}$ ) de les dades de velocitat màxima (Vmax), distància on s'assoleix la velocitat màxima (DVm) i el temps transcorregut per assolir la velocitat màxima (TVm). També es realitza la desviació estàndard (SD) a partir de les classificacions d'HiEs. Tots els càlculs es varen fer un un full de càlcul de Microsoft Excel®.

Fórmules:

<u>VELOCITAT</u> <u>(MÀXIMA)</u>	<u>DISTÀNCIA</u> <u>(VELOCITAT MÀXIMA)</u>	<u>TEMPS</u> <u>(VELOCITAT MÀXIMA)</u>
= MAX	= MAX	= MAX
= MIN	= MIN	= MIN
= PROMEDIO	= PROMEDIO	= PROMEDIO
= DESVEST	= DESVEST	= DESVEST

Cadascuna d'aquestes fórmules es realitzarà amb tota la mostra de cada grup, per exemple: tots els participants que provinquin d'esports col·lectius, trobades les dades de Vmax, s'aplicarà el tractament "fx = MAX" per saber quina és la Vmax més elevada del grup de participants que provenen d'esports col·lectius.

## Resultats

### ENTRENATS VS NO ENTRENATS VS ALTAMENT ENTRENATS

#### Esprint 30m

A simple vista veient el gràfic següent (figura 12) es pot veure que hi ha una variabilitat de resposta apreciable però, en certa manera, la majoria dels subjectes assoleixen la velocitat màxima entre els 20 metres i els 30 metres, sent el promig de cada grup de; 22.78 (Entrenats), 23.37 (No Entrenats) i 25.77 (Altament Entrenats). Observant la quantitat de velocitat que assoleix tot el grup, s'agrupen entre els 7.50 m/s<sup>2</sup> i els 8.50 m/s<sup>2</sup>, no obstant, el grup que dona millor promig és el de No Entrenats, assolint la velocitat màxima a uns 7.85 m/s<sup>2</sup> de mitja, seguit del grup d'Altament Entrenats amb 7.75 m/s<sup>2</sup> i 7.63m/s<sup>2</sup> pel grup més nombrós. Pel que fa al temps per assolir la velocitat màxima, tant el grup d'Entrenats com el de No Entrenats és molt similar (3.97 i 3.93 respectivament), mentre que el d'Altament Entrenats assoleixen la velocitat màxima més tard, al segon 4.38.

Taula 8.

Resultats de velocitat i distància màxima i temps d'assoliment de Vmax segons nivell d'entrenament (Esprint 30m).

<i>Esprint_30m</i>	<i>Màxim</i>	<i>Mínim</i>	$\bar{X}$	<i>SD</i>
<b><i>Vmax (m/s<sup>2</sup>)</i></b>				
<i>Entrenats</i>	8.94	6.35	7.63	0.68
<i>No Entrenats</i>	8.23	7.29	7.85	0.50
<i>Altament Entrenats</i>	8.77	6.72	7.75	0.81
<b><i>DVm (m)</i></b>				
<i>Entrenats</i>	29.17	18.31	22.78	3.56
<i>No Entrenats</i>	26.56	20.74	23.37	2.95
<i>Altament Entrenats</i>	29.72	24.02	25.77	2.30
<b><i>TVm (s)</i></b>				
<i>Entrenats</i>	4.80	3.40	3.97	0.39
<i>No Entrenats</i>	4.60	3.50	3.93	3.93
<i>Altament Entrenats</i>	4.70	3.90	4.38	0.30



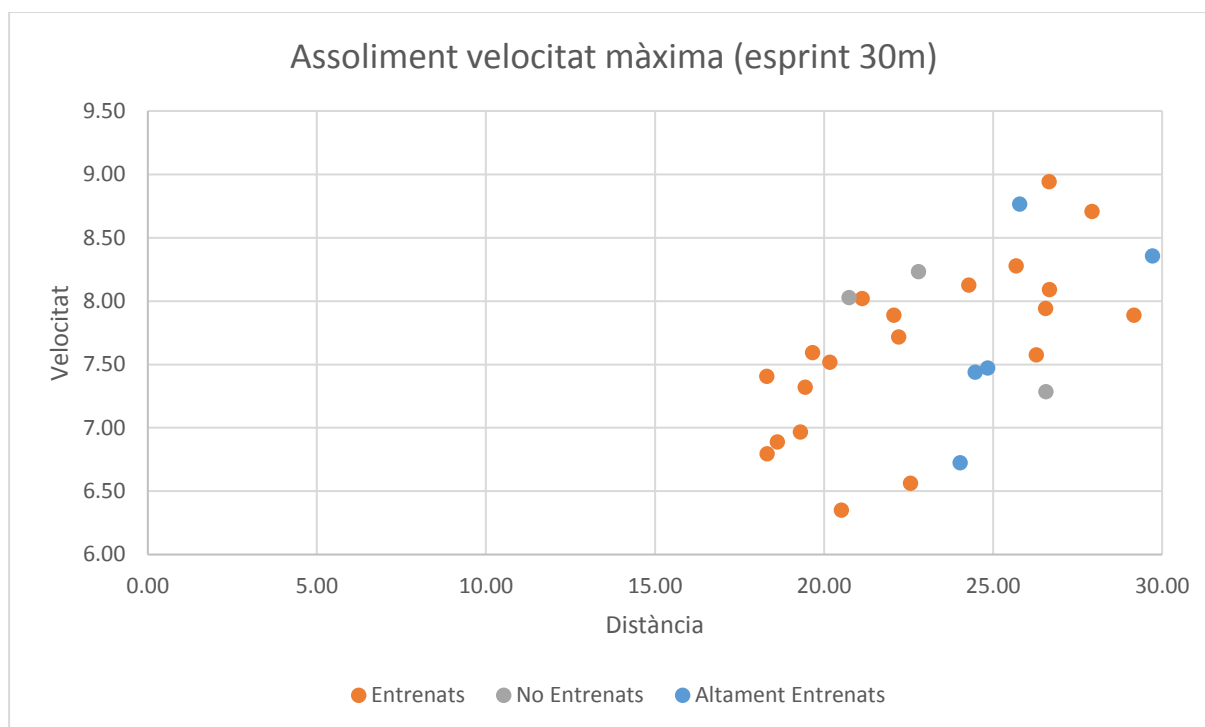


Figura 12: Relació Velocitat màxima assolida amb distància on s'obté la Vmax. (esprint de 30m) segons nivell de competició.

### Esprint 100m

En la figura 13 s'aprecia una diferència notòria, tot i que en la major part dels subjectes aconsegueixen arribar a la seva velocitat màxima entre els 30 metres i els 50 metres, sent el promig de; 37.23 (Entrenats), 37.37 (No Entrenats) i 48.12 (Altament Entrenats). En el que fa a la quantitat de velocitat que assoleix tot el grup, s'agrupen entre els 7.50 m/s<sup>2</sup> i els 8.50 m/s<sup>2</sup>, com en l'esprint de 30m, i el grup que dona millor promig és el de No Entrenats, assolint la velocitat màxima a uns 8.15 m/s<sup>2</sup> de mitja, seguit del grup d'Entrenats amb una velocitat de promig de 7.86 m/s<sup>2</sup> i el grup de major rendiment esportiu en 7.77m/s<sup>2</sup>. En relació al temps per assolir la velocitat màxima, tant el grup de No Entrenats com el d'Entrenats torna a ser molt similar, tenint una mitja d'assoliment de la velocitat màxima en 5.72 segons i 5.67 segons respectivament, i s'observa que el grup d'Altament Entrenats assoleixen la velocitat màxima més tard amb quasi dos segons de diferència; 7.22 segons.

Taula 9.

Resultats de velocitat i distància màxima i temps d'assoliment de  $V_{max}$  segons nivell d'entrenament (Esprint 100m).

<i>Esprint_100m</i>	<i>Màxim</i>	<i>Mínim</i>	$\bar{X}$	<i>SD</i>
<b><i><math>V_{max}</math> (m/s<sup>2</sup>)</i></b>				
<i>Entrenats</i>	9.26	6.27	7.86	0.76
<i>No Entrenats</i>	8.51	7.76	8.15	0.37
<i>Altament Entrenats</i>	8.91	6.04	7.77	1.27
<b><i><math>DV_m</math> (m)</i></b>				
<i>Entrenats</i>	53.11	22.78	37.23	8.34
<i>No Entrenats</i>	50.12	30.03	37.37	11.08
<i>Altament Entrenats</i>	68.39	22.37	48.12	19.44
<b><i><math>TV_m</math> (s)</i></b>				
<i>Entrenats</i>	7.60	4.10	5.72	0.94
<i>No Entrenats</i>	7.10	4.90	5.67	1.24
<i>Altament Entrenats</i>	10.20	4.50	7.22	2.40

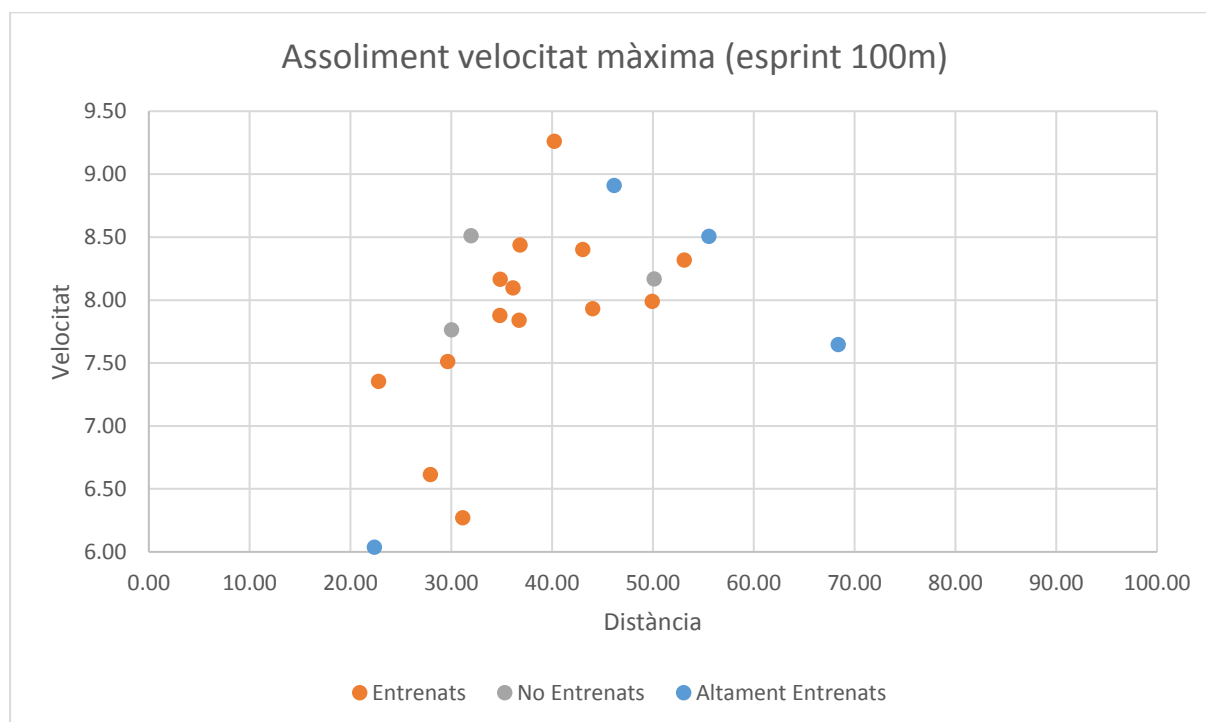


Figura 13: Relació Velocitat màxima assolida amb distància on s'obté la  $V_{max}$ . (esprint de 100m) segons nivell de competició.

## COL·LECTIUS VS INDIVIDUALS

### *Esprint 30m*

En el grup de subjectes provinents d'esports col·lectius, els resultats es troben agrupats majoritàriament al voltant dels  $8.00 \text{ m/s}^2$  mentre que en els subjectes d'esports individuals estan clarament dispersos en dos grups; entre els  $6.50 \text{ m/s}^2$  i  $7.50 \text{ m/s}^2$ , i un segon grup al voltant dels  $8.25 \text{ m/s}^2$  (figura 14). Posant la vista en quan s'assoleix la velocitat màxima, els subjectes d'esports col·lectius tenen tendència a assolir-la entre els 18.50 metres i els 24.50 metres i un grup més reduït en els últims 5 metres de la prova en qüestió, per altra banda, els d'esports individuals s'agrupen majoritàriament sobre els 25 metres. En quan a temps necessari per a assolir la velocitat màxima, els universitaris d'esports col·lectius triguen uns 3.94 segons de mitja, mentre que els que tenen un historial en esports individuals l'assoleixen sobre els 4.29 segons de mitja.

Taula 10.

*Resultats de velocitat màxima, distància màxima i temps d'assoliment segons tipus d'esport (Esprint 30m).*

<i>Esprint_30m</i>	<i>Màxim</i>	<i>Mínim</i>	$\bar{X}$	<i>SD</i>
<b><i>V<sub>max</sub> (m/s<sup>2</sup>)</i></b>				
<i>Col·lectius</i>	8.94	6.56	7.73	0.64
<i>Individuals</i>	8.36	6.35	7.53	0.64
<b><i>DV<sub>m</sub> (m)</i></b>				
<i>Col·lectius</i>	29.17	18.31	22.85	3.27
<i>Individuals</i>	29.72	19.30	24.57	3.26
<b><i>TV<sub>m</sub> (s)</i></b>				
<i>Col·lectius</i>	4.80	3.40	3.94	0.37
<i>Individuals</i>	4.70	3.70	4.29	0.36

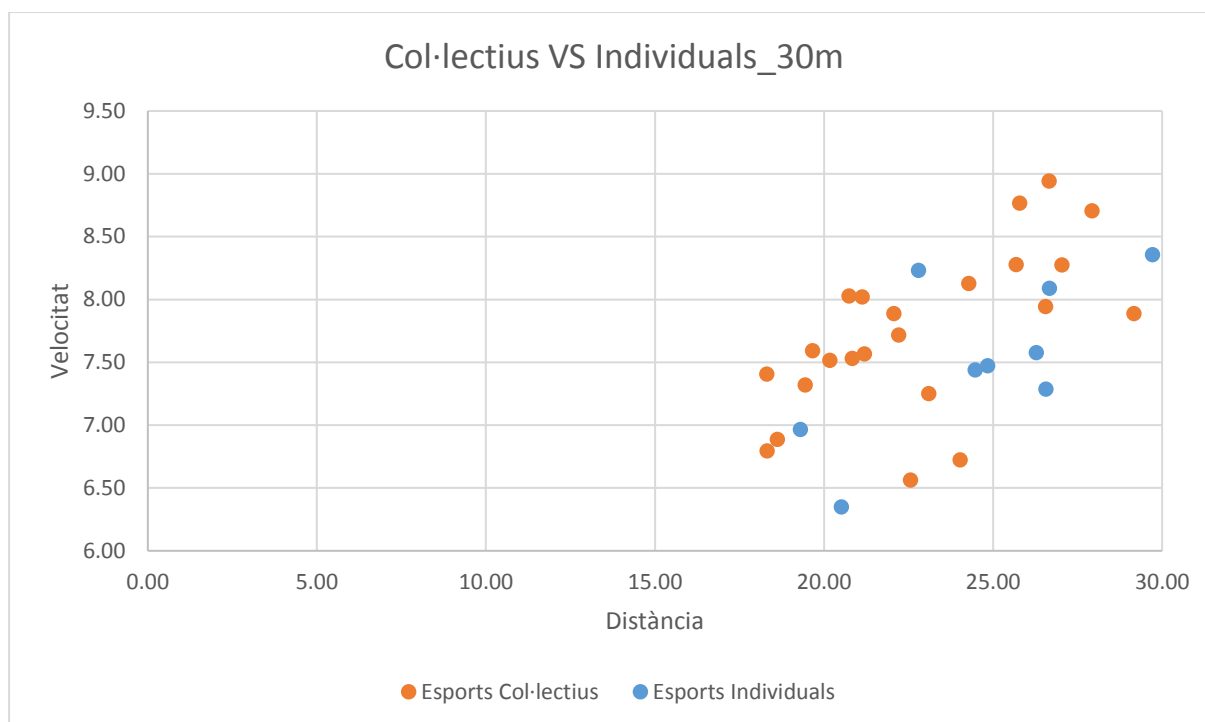


Figura 14: Relació Velocitat màxima assolida amb distància on s'obté la Vmax. (esprint de 30m) segons tipus d'esport.

### Esprint 100m

En l'esprint de 100m, tan en els d'esports col·lectius com els d'individuals, tendeixen a assolir en gran mesura una velocitat màxima entre els  $7.50 \text{ m/s}^2$  i els  $8.50 \text{ m/s}^2$ , tot i que en els d'esports col·lectius no tots estan en aquest gran grup (figura 15). Tractant les dades d'assoliment de la velocitat màxima en relació a la distància, en els esports col·lectius s'observa una clara tendència a rondar els 30 – 40 metres, mentre que en els d'esports individuals no s'aprecia una tendència clara, estant repartits els seus moments entre 30 i 65 metres. Per últim, el temps que triguen en arribar a la velocitat màxima dels esports col·lectius es situa en 6.01 segons de mitja i en esports individuals sobre els 6.78 segons de mitja.

Taula 11.

Resultats de velocitat màxima, distància màxima i temps d'assoliment segons tipus d'esport (Esprint 100m).

<i>Esprint_100m</i>	<i>Màxim</i>	<i>Mínim</i>	$\bar{x}$	<i>SD</i>
<b><i>V<sub>max</sub> (m/s<sup>2</sup>)</i></b>				
<i>Col·lectius</i>	9.26	6.04	7.85	0.85
<i>Individuals</i>	8.51	7.65	8.13	0.39
<b><i>DV<sub>m</sub> (m)</i></b>				
<i>Col·lectius</i>	67.01	22.37	39.42	11.84
<i>Individuals</i>	68.39	30.03	45.50	14.53
<b><i>TV<sub>m</sub> (s)</i></b>				
<i>Col·lectius</i>	9.40	4.10	6.01	1.39
<i>Individuals</i>	10.20	4.90	6.78	1.99

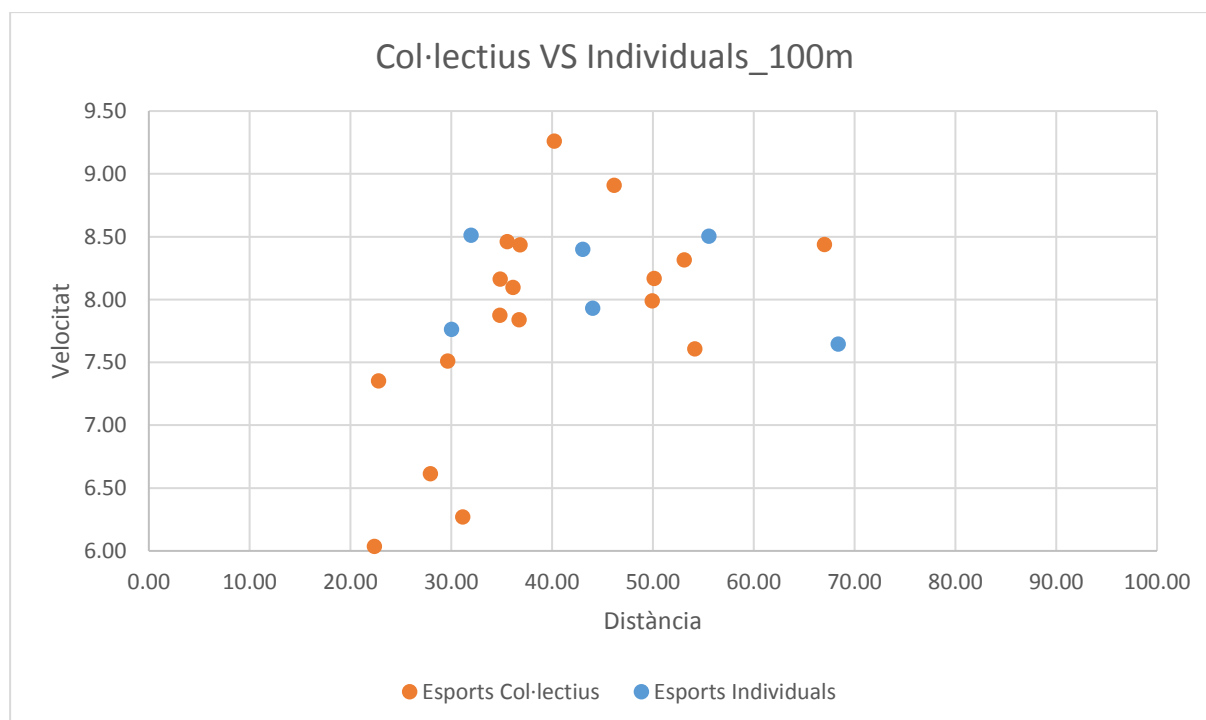


Figura 15: Relació Velocitat màxima assolida amb distància on s'obté la V<sub>max</sub>. (esprint de 100m) segons tipus d'esport.

## Discussió

Conèixer el rendiment dels esportistes a partir d'instrumentació GPS pot ser una gran eina per a quantificar la càrrega d'entrenament i és un sistema que enregistra les dades amb molta precisió (Reid, et al., 2008). Les figures representades anteriorment demostren que en un sol cop d'ull es pot tenir una idea de quin és el rendiment de cadascun dels subjectes enregistrats. Les dades aportades de les variables de velocitat, acceleració i distància, poden ser un punt de partida per a fer un primer anàlisi dels esportistes (Casamichana. 2011).

Si s'analitzen les dades obtingudes sense tenir en compte d'on provenen és possible que ens surtin dades que no són del tot fiables, tot i seguir sent correctes però. Per tant s'ha de partir de la premissa de que el grup no és simètric en quant a nombre de mostra s'utilitza, sent el grup d'Entrenats el més nombrós amb diferència (20 subjectes), seguit del grup d'Altament Entrenats (5 subjectes) i per tancar la mostra amb el grup més reduït li pertoca al grup de No Entrenats (3 subjectes); es coincideix amb Jiménez et al., (2009) considerant necessari més investigacions comparant esportistes en funció de l'HiEs.

Coneixent aquestes dades, es fa difícil fer un anàlisi exhaustiu en l'esprint de 30 metres lineals, ja que xoca observar que el grup de No Entrenats, que se suposa que hauria de ser el grup amb més deficiències físiques i, per tant, obtenint resultats inferiors a la resta de subjectes, són els que de mitja obtenen una velocitat màxima més elevada i amb el menor temps de mitja per assolir aquesta velocitat, i fins i tot el subjecte més ràpid del grup és més lent que el més ràpid en el grup d'Entrenats i d'Altament Entrenats. En l'esprint de 100m passa exactament el mateix, però es veu una tendència de més similitud entre el grup d'Entrenats i No Entrenats pel que fa als resultats entre DVm i TVm. També s'observa una clara diferència en la DVm del grup d'Altament Entrenats, ja que suposa una diferència de pràcticament 10 metres més per assolir la Vmax que els altres dos grups.

A més a més de la distribució per grups de nivell d'entrenament, també es fa una anàlisi en relació al tipus d'esport que practiquen, si són esports col·lectius o individuals. En aquest cas, la mostra és menys desequilibrada, però encara hi ha diferències significatives de nombre; Grup esports Col·lectius el més gran (23 subjectes) i el Grup d'esports Individuals clarament menor (9 subjectes). Entrant ja a la anàlisi en si, en l'esprint de 30 metres, s'observa una tendència dels subjectes universitaris d'esports col·lectius a assolir la seva velocitat màxima abans, tant en temps com en distància. En canvi, en l'esprint de 100m, els provinents d'esports individuals donen un millor rendiment en quant a Vmax, sent una mostra molt homogènia, però en DVm i TVm els costa més que els que tenen més experiència en esports col·lectius.

Identificant les diferències entre les dues proves, s'observa que els universitaris amb origen esportiu de caràcter individual són més conservadors en el moment d'accelerar i assolir la Vmax, és a dir, prefereixen reservar forces, mentre que els d'origen d'esport col·lectiu tenen tendència a forçar més des del principi. Això pot ser degut a que en esports col·lectius es poden donar ocasions de temps de poca participació directa, el fet que comporta un descans (sobretot en els esports anomenats de resistència intermitent), així doncs psicològicament poden estar més predisposats a generar una despesa més elevada des de bon inici. A més a més, es pot veure una clara tendència també de diferència entre les dues proves intra-grup i intra-subjecte, ja que a més distància a recórrer més triguen tots els participants en assolir la Vmax, podent ser un fet psicològic d'optimització del rendiment, posant totes les cartes sobre la taula en distàncies més curtes, i sent més conservadors en les distàncies llargues.



## Conclusions

A causa de les diferències entre nombre de subjectes de cada grup, els resultats poden veure's alterats i oferir una informació que no s'adequa a la realitat, és per això que són necessaris més estudis millorant aquest aspecte per poder aportar dades més realistes i amb més valor de cara a la recerca.

No obstant el paràgraf anterior, la utilització de GPS com a mesurador de rendiment es considera una eina molt eficaç, ja que permet conèixer al detall dades objectives que tan els entrenadors com els esportistes poden tenir a l'abast, tan grupal com intra-subjecte, sense la necessitat de perdre temps realitzant tests inespecífics per saber l'evolució i/o l'estat de forma que mantenen cadascun dels practicants, i fins i tot també hi ha la possibilitat de poder comparar el nivell de rendiment durant la competició amb el dels entrenaments diaris, posant en valor el temps invertit en la pràctica esportiva en la seva totalitat.



## Estudi 3: Quantificació de dades enregistrades amb GPS d'increment de velocitat i disminució d'acceleració en esprint (IVE i DAE) de 30m lineals.

### Introducció

En la majoria dels esports que es necessiti generar desplaçaments i canvis de ritme amb espais de temps molt curts, la capacitat per expressar velocitat en les primeres passes serà determinant per assolir l'objectiu buscat. Una de les principals característiques d'una bona sortida és un ràpid encadenament de gambades, amb una perfecta posició del cos sobre el terra en cada moment (Hornillos, 2010). La majoria de les accions esportives que es necessitin per realitzar desplaçaments a altes velocitats, amb possibles canvis de ritme sobtats, els primers intervals de temps seran claus per a obtenir un major rendiment, ja sigui en esports individuals per superar una marca, com sobrepassar les capacitats de l'adversari en esports de lluita d'un implement i obtenir una avantatge respecte aquest. En molts esports la velocitat màxima no s'arriba a assolir mai en esprint, per això l'increment de velocitat (acceleració) en les primeres gambades es considera més important (Cronin & Hansen, 2005).

El sistema GPS permet dissecionar una acció en tants parcials com Hz enregistri l'aparell, això vol dir que si un GPS treballa a 10Hz, qualsevol acció es podrà desgranar en 0.1". Pot ser una eina de força interès, ja que conèixer com evoluciona una acció (primers moments, finals, etc.) aportarà informació molt específica que després pot ser utilitzada per quantificar la càrrega tant dels entrenaments com de les accions de competició, etc.

La incertesa de com evoluciona la velocitat dels subjectes és el dubte que sorgeix per tal de dur a terme aquest estudi, més enllà de quina velocitat màxima assoleixen, podent determinar així si generen un moment d'arrancada inicial molt elevat o són de caràcter més progressiu per assolir aquesta velocitat màxima. Conèixer aquesta gràfica per cada subjecte pot ser una eina senzilla i efectiva perquè els entrenadors i esportistes puguin determinar quin és el nivell de l'esportista en qüestió, permetent així generar una proposta de seguiment del rendiment tant a nivell individual com grupal (ja sigui tot un equip, com determinar-ho per rols al terreny de joc o posicions específiques de cada esport).

Per tant, l'objectiu d'aquest estudi és conèixer quina és la evolució de la velocitat en esprints lineals, de 30 metres a intensitat màxima amb sortida des d'aturat, en els primers intervals de temps segons si es prové d'esport individual o col·lectiu.

### Variables independents

Disminució d'acceleració en esprint (DAE): Quantitat, expressada en percentatge, de cada subjecte de pèrdua d'acceleració durant un esprint, és a dir, capacitat de cada individu per assolir abans més velocitat en el temps.

Increment de la velocitat en esprint (IVE): Quantitat, expressada en percentatge, de cada subjecte d'increment de velocitat durant un esprint, és a dir, la capacitat de cada subjecte en augmentar el seu ritme amb la finalitat d'arribar d'un punt A a un punt B en menys temps.

## Variables dependents

L'Historial Esportiu (HiEs): En funció de quin esport provinguin, la resposta en la quantitat de velocitat expressada i quantitat de disminució d'acceleració podrà veure's influenciada.

Els períodes temporals de referència (P): Els moments en els quals s'extreuen les dades en el temps; 0.1", 0.2", 0.3", 0.5", 1.0", 1.5", 2.0" i 2.5". Es determina utilitzar al principi tres moments crítics de sortida enlloc d'un, ja que no tots els subjectes presenten una acceleració màxima en el primer parcial registrat pel dispositiu GPS emprat.

## Metodologia

### *Subjectes*

La mostra fou 32 estudiants universitaris del grau en CAFE, que foren els que varen passar el filtre per ser analitzats (Màxima intensitat, explicat prèviament a la pàgina 10) d'una mostra inicial de més de 40 alumnes.

### *Procediment*

Es planteja realitzar una gràfica dels primers segons (eix de les X) relacionada amb la quantitat de velocitat respecte a la velocitat màxima del subjecte en percentatge (eix de les Y) que quedarà denominada en aquest article com a "increment de velocitat en esprint" (IVE) i una segona gràfica que comparteix l'eix de les X però, en canvi, en l'eix de les Y queda expressat la quantitat d'acceleració respecte a l'acceleració màxima de cada subjecte (valor més alt d'acceleració com a 100%), denominant a aquesta gràfica com a "disminució d'acceleració en esprint" (DAE).

Per a poder confeccionar les gràfiques és necessari extreure dades de l'esprint, fent un tractat de les ofertes pel GPS: En primer lloc necessitarem el temps parcial i la velocitat filtrada ( $V_{(f)}$ ) (explicat anteriorment a la pàgina 14) i l'acceleració filtrada ( $A_{(f)}$ ) per poder saber en cada moment de l'esprint quin són els valors corresponents; tenint aquest primer tractament, es necessitarà el percentatge d'acceleració i de velocitat màxima de cada parcial de temps.

Disminució d'acceleració en esprint (DAE): Per aconseguir aquesta dada serà necessari disposar de l'acceleració filtrada i transformar-la en percentatge, considerant el valor més alt com el 100% de l'acceleració de cada subjecte. Per trobar l'acceleració s'aplica la següent fórmula:

$$A3 = \left( \frac{(V2_{(f)} - V4_{(f)})}{(2/10)} \right)$$

sent " $V2_{(f)}$ " el valor de la Velocitat filtrada. Tenint això es realitza la següent fórmula:  $A3 = \text{PROMEDIO}(\text{de les dues cel·les anteriors a la cel·la "A3" i les dues posteriors})$ ,

$$A3_{(f)} = \text{PROMEDIO}(A1:A5)$$

obtenint així l'Acceleració filtrada ( $A_{(f)}$ ). Per aconseguir la DAcc, es transforma els valors d'acceleració en percentatge, agafant de referència el primer valor d'acceleració com a 100% (Acceleració Màxima):

$$A3_{(f)}(\%) = \left( \frac{(A3_{(f)} \cdot 100)}{A1_{(f)}} \right)$$

Increment de la Velocitat en esprint (IVE): El primer pas serà transformar la velocitat que enregistra el GPS per aconseguir la velocitat filtrada,

$$V3_{(f)} = PROMEDIO (V1:V5)$$

per saber quin és l'IVE, es transformen els valors de velocitat en percentatge, agafant de referència la velocitat màxima de tota la prova com a valor 100% de referència.

Exemple:

$$V3_{(f)}(\%) = \left( \frac{(V3_{(f)} \cdot 100)}{V_{max}} \right)$$

Tenint aquests càlculs realitzats, es passen a tots els subjectes (en aquest cas, ja que es pretén comparar per grups) i es genera la mitja de cada un dels parcials que ens interessa conèixer. A posteriori, es confecciona la gràfica pertinent fent senzilla la seva visualització.

Anàlisi de dades

En aquest estudi concret s'usa el mètode d'anàlisi basat en moments, coneixent la tendència central i la mitjana aritmètica es realitza en el percentatge de disminució d'acceleració en esprint i d'increment de velocitat en esprint.

Exemple:

$$= PROMEDIO(P1; P2; P3; P5; P10; P15; P20; P25)$$

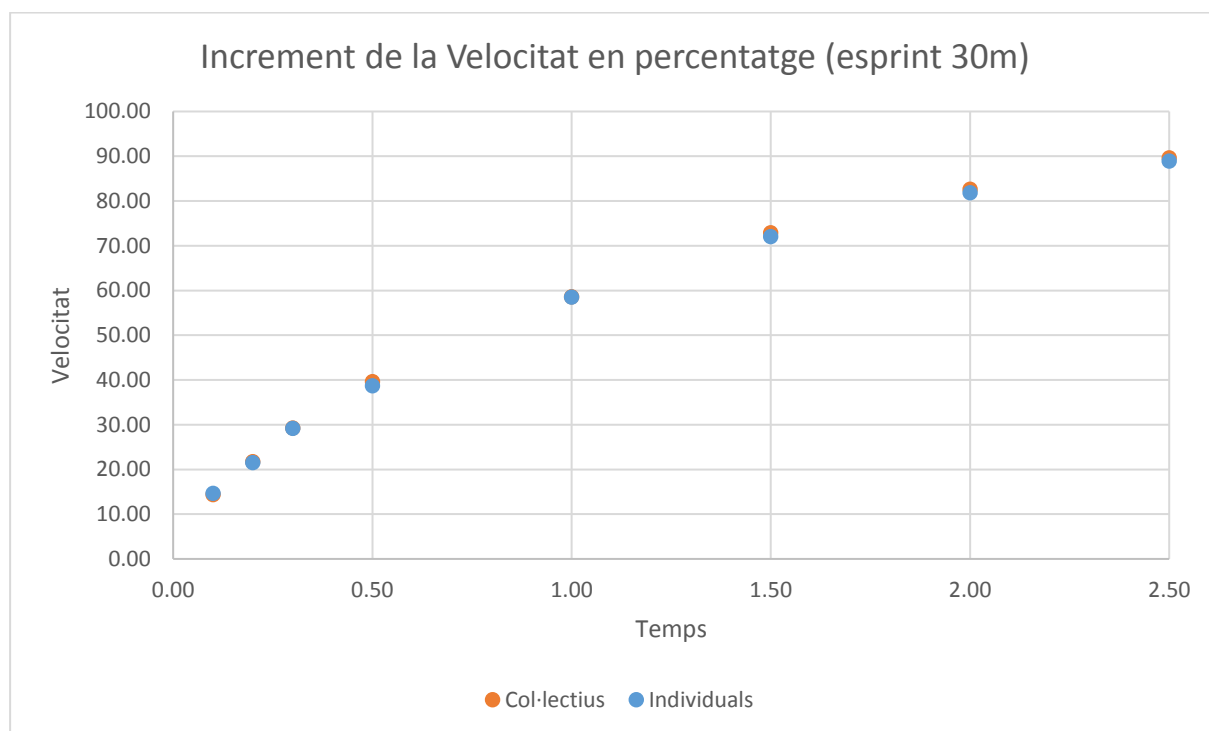
## Resultats

Veient tant les taules com les gràfiques es pot dir que els dos grups utilitzen la mateixa estratègia per realitzar la sortida a màxima intensitat des d'aturat, tot i que en els esports individuals s'aprecia una petita millor sortida en el primer parcial, els subjectes que provenen dels esports col·lectius a partir del segon i mig s'observa un increment de velocitat en quasi 1% de la velocitat màxima dels subjectes en els tres últims parcials observats. En quan a la disminució de l'acceleració, els resultats demostren que en el primer parcial, els esportistes de caràcter individual, tenen una millor resposta, sent una arrancada en el primer instant més elevada que en els d'esports col·lectius, mentre que a mesura que evoluciona la sortida els d'esports col·lectius mantenen més temps una quantitat d'acceleració una mica més elevada però més irregular.

Taula 12.

*Evolució de la velocitat i la disminució d'acceleració en percentatge dels primers 2.5 segons de l'esprint de 30m.*

<i>Esprint_100m</i>	<i>0.1</i>	<i>0.2</i>	<i>0.3</i>	<i>0.5</i>	<i>1.0</i>	<i>1.5</i>	<i>2.0</i>	<i>2.5</i>
<b>DAE (%)</b>								
<i>Grup total</i>	94.23	97.42	94.18	74.86	53.32	35.16	26.11	18.91
<i>Col·lectius</i>	93.69	97.45	95.25	75.90	54.13	36.34	26.06	20.26
<i>Individuals</i>	96.63	97.63	92.24	75.15	54.31	33.86	27.65	18.48
<b>IVE (%)</b>								
<i>Grup total</i>	14.00	21.23	28.74	39.09	58.44	72.60	82.40	89.40
<i>Col·lectius</i>	14.38	21.78	29.27	39.64	58.59	72.93	82.68	89.63
<i>Individuals</i>	14.69	21.57	29.20	38.71	58.56	72.06	81.88	88.91



*Figura 16: Relació percentatge de velocitat amb els primers períodes de sortida d'esprint de 30 metres des d'aturat.*

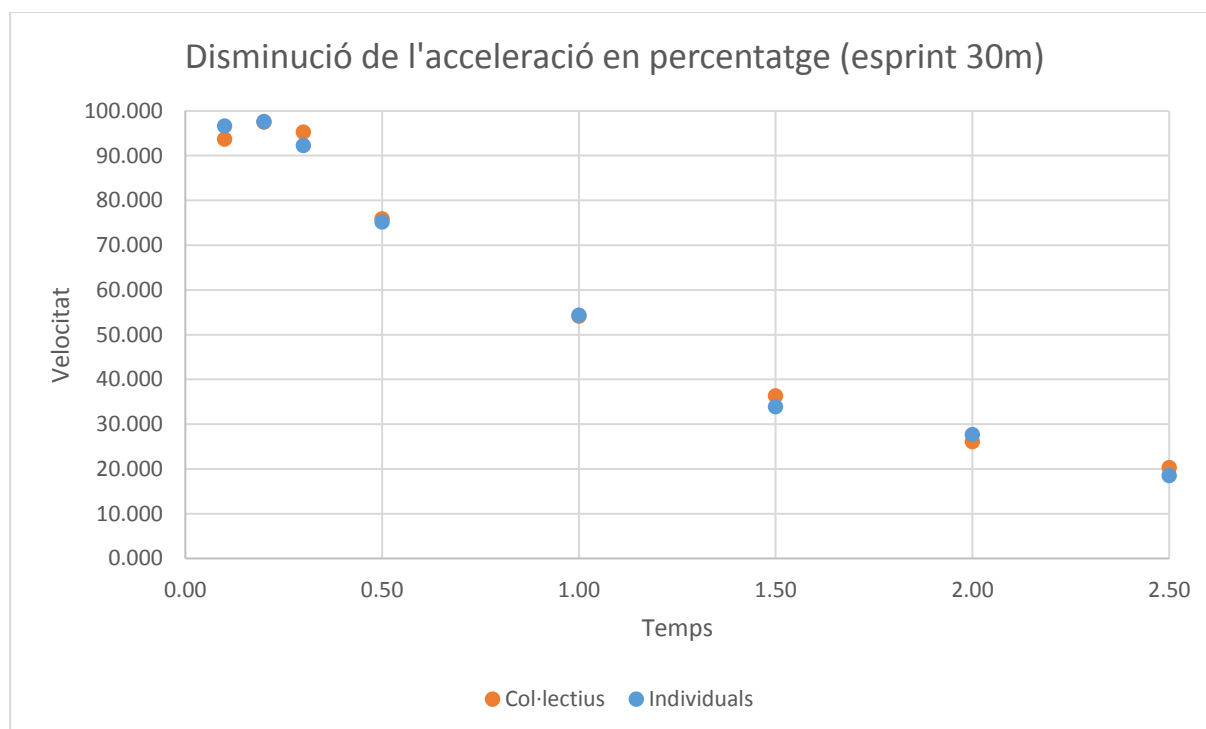


Figura 17: Relació percentatge d'acceleració amb els primers períodes de sortida d'esprint de 30 metres des d'aturat.

## Discussió

Conèixer aquesta evolució pot aportar un indicatiu de dèficit en moments crítics de les accions d'esprint, és per això que seria interessant poder realitzar aquesta proposta d'anàlisi en tasques específiques de cada esport, coneixent així doncs quines són les respostes dels esportistes en els moments clau que cada entrenador consideri de més rellevància.

Analitzant la gràfica de l'IVE podríem determinar que els provinents d'esports individuals tenen una millor resposta en el primer interval de sortida, és a dir, passar de totalment aturat a la primera acció de moviment, mentre que els subjectes amb historial d'esport col·lectiu obtenen millors resultats a mesura que avança el temps, cosa que podria justificar-se per la essència de cada esport, ja que en esports col·lectius rarament es comença un acció totalment des d'aturat.

Pel que fa a la gràfica de la DAE, els resultats no es consideren molt concloents, ja que els resultats dels dos grups no son regulars, és a dir, en el primer interval els individuals donen millors resultats, homogeneïtzant-se en el segon parcial fins que al parcial 1.50" hi ha una clara diferència, fins aquí cap problema, però en el parcial 2.00" és al revés, sent els del grup individual amb una acceleració més elevada respecte als grup dels col·lectius, i aquests últims tornen a obtenir millor acceleració l'últim parcial analitzat.



## Conclusions

Es conclou que la manca de diferència entre un grup i l'altre pot vindre condicionat per la diferència de la mostra entre ells, així doncs seria engrescador tornar a realitzar aquestes proves amb dos grups més homogenis en quan a la quantitat de mostra es refereix per a poder aportar més dades en aquesta investigació.

Poder trobar patrons de conducta segons l'essència de l'esport del qual provinguin (col·lectius o individuals), pot ser molt interessant de cara als entrenadors per optimitzar el seu entrenament, tenint la oportunitat d'optimitzar el rendiment dels seus esportistes i obtenir dades de manera senzilla i objectiva. Sobretot es veu molt interessant per aquells subjectes que en el seu esport sigui de vital importància les accions a màxima intensitat de velocitat de translació en períodes curts de temps.

## Estudi 4: Proposta per detectar el canvi de direcció voluntari amb Microsoft Excel®

### Introducció

En els esports col·lectius la velocitat de les accions és de vital importància, ja que poder realitzar una acció més ràpida que el teu adversari pot proporcionar més accions de perill a favor i, al llarg de l'enfrontament, poder tenir més oportunitats per finalitzar aquella competició amb victòria. En el cas del futbol, l'11% de la distància recorreguda d'un jugador en un partit són accions d'alta intensitat de canvis de direcció (Little, & Williams, 2005), mentre que en el bàsquet un jugador pot realitzar fins a 835 gir en un partit (Gonzalo-Skok, 2015), aquests són dos exemples només d'esports amb molts canvis de direcció durant un enfrontament.

En esports col·lectius, els canvis de direcció poden generar molts inconvenients, tan a nivell de superació/venciment de l'adversari, com a nivell de lesió per una frenada sobtada on el subjecte ha de generar una força suficient per a contrarestar-la. Un dels mecanismes lesionats del lligament lateral intern (LLI), és la combinació d'estrès en valc, juntament amb la rotació externa de la tibia i flexió de genoll, en accions esportives com els canvis de direcció, entre d'altres (Gómez & Ortega, 2013). Observant que els canvis de direcció són accions de molta importància en els esports col·lectius, seria molt interessant conèixer quan es produeix un canvi de direcció voluntari/observable per a qualsevol moment tant de competició com d'entrenaments i, també, la quantitat i la intensitat d'aquests canvis de direcció. Els GPS STATSports® permeten saber quina és la intensitat dels canvis de direcció (actualment expressat en força G a partir del valor d'acceleració/desacceleració) i coneixent quins són els canvis de direcció realitzats, seria relativament ràpid identificar quina és la magnitud de la intensitat dels canvis de direcció en accions molt puntuals (canvis de rols, ocasions manifestes de gol a favor i/o en contra, fintes...). També es podria trobar la intensitat dels canvis de direcció a partir de la potència mecànica (producte de força per velocitat) i aquesta combinada amb altres variables com impactes, entre altres. Aquest anàlisi però, tot i ser molt interessant, no s'ha abordat en aquest estudi.

Per determinar els canvis de direcció es planteja la realització del test v-cut, ja que és un test on es pot veure clarament la voluntat dels canvis de direcció d'un subjecte, amb molta independència de la intensitat que se li apliqui, és a dir, el que ens interessa saber és la geolocalització per determinar quan hi ha el canvi de direcció. Si la intensitat és sots-màxima també serà informació útil per conèixer quan es manifesta un canvi de direcció voluntari. El test v-cut fou dissenyat per a simular les accions locomotrius més comunes en els esports col·lectius (Gonzalo-Skok, 2015).

L'objecte d'aquest estudi és oferir una proposta per a detectar ràpidament quan es produeix un canvi de direcció voluntari a partir de la geolocalització (latituds i longituds) enregistrada mitjançant la tecnologia GPS, amb un tractament de dades amb el Microsoft Excel® en la prova del v-cut.

## Variables independents

Latitud (Lat): És la distància que separa un punt de la superfície de la Terra de l'Equador, es pot expressar de tres maneres diferents, en aquest cas s'utilitza en graus decimals

Longitud (Lon): És la distància que hi ha des de qualsevol punt de la Terra al meridià 0°, es pot expressar de tres maneres diferents, en aquest cas s'utilitza en graus decimals.

## Metodologia

### Subjectes

Més de 40 alumnes de CAFE de l'INEFC – Lleida van participar en la prova.

### Procediment

Per la realització d'aquest estudi, s'utilitzen les dades dels alumnes que varen realitzar les proves del v-cut.

El GPS aporta les dades del desplaçament en Lat i Lon (una dada de Lat i una de Lon per cada 0.1"), així doncs es pot determinar en cada moment la situació en que es troba el subjecte, però el problema apareix per detectar, amb la immensitat de dades, quan es realitza el canvi de direcció voluntari en la prova del v-cut.

La proposta comença fent una transportació de dades del software GPS STATSports® en un full de càlcul amb Microsoft Excel®, llavors en aquest document determinar quan hi ha canvis només de Lat, és a dir, posant un exemple, si el parcial 2 té menys graus decimals que el parcial 1 es considerarà que hi ha desplaçament cap a l'Oest (O), si el parcial 3 té menys graus decimals que el parcial 2 es considerarà que hi ha desplaçament cap a l'Est (E) i, si el parcial 4 té els mateixos graus decimals que el parcial 3 es considerarà que no hi ha canvi respecte a la Lat (X), aquesta columna la expressarem com a "Dir E-O".

Exemple:

$$= SI(A3 < A2; "O"; SI(A3 > A2; "E"; "X"))$$

*Considerant "A" com valor específic de Lat*

A continuació es realitza el mateix amb la Lon, considerant que hi ha desplaçament cap al Nord (N) si el parcial 2 té menys graus decimals que el parcial 1, Sud (S) si és al contrari i (X) si no hi ha canvi en relació a la Lon i el valor enregistrat pel GPS no varia, aquesta columna la expressarem com a "Dir N-S".

Exemple:

$$= SI(C3 < C2; "N"; SI(C3 > C2; "S"; "X"))$$

*Considerant "C" com valor específic de Lon*



Quan s'obtenen les columnes de direcció s'afegeix una altra columna, que determina si a la columna de direcció, en relació a la Lat, hi ha CANVI o NO CANVI de direcció en cada parcial (Canvi E-O).

Exemple:

$$= SI(Y(B4 = "O"; B3 = "E"); "CANVI"; SI(Y(B4 = "E"; B3 = "O"); "CANVI"; SI(Y(B4 = "E"; B3 = "X"); "CANVI"; SI(Y(B4 = "O"; B3 = "X"); "CANVI"; "NO CANVI"))))$$

*Considerant "B" com a "Dir E-O"*

Obtinguda la columna Canvi E-O es realitza el mateix procés però amb les dades de Lon (Canvi N-S).

Exemple:

$$= SI(Y(D4 = "N"; D3 = "S"); "CANVI"; SI(Y(D4 = "S"; D3 = "N"); "CANVI"; SI(Y(D4 = "S"; D3 = "X"); "CANVI"; SI(Y(D4 = "N"; D3 = "X"); "CANVI"; "NO CANVI"))))$$

*Considerant "D" com a "Dir N-S"*

S'afegeix una última columna amb una darrera condició per determinar quan hi ha algun canvi de direcció en relació a Lat (columna Canvi E-O) i Lon (Canvi N-S).

Exemple:

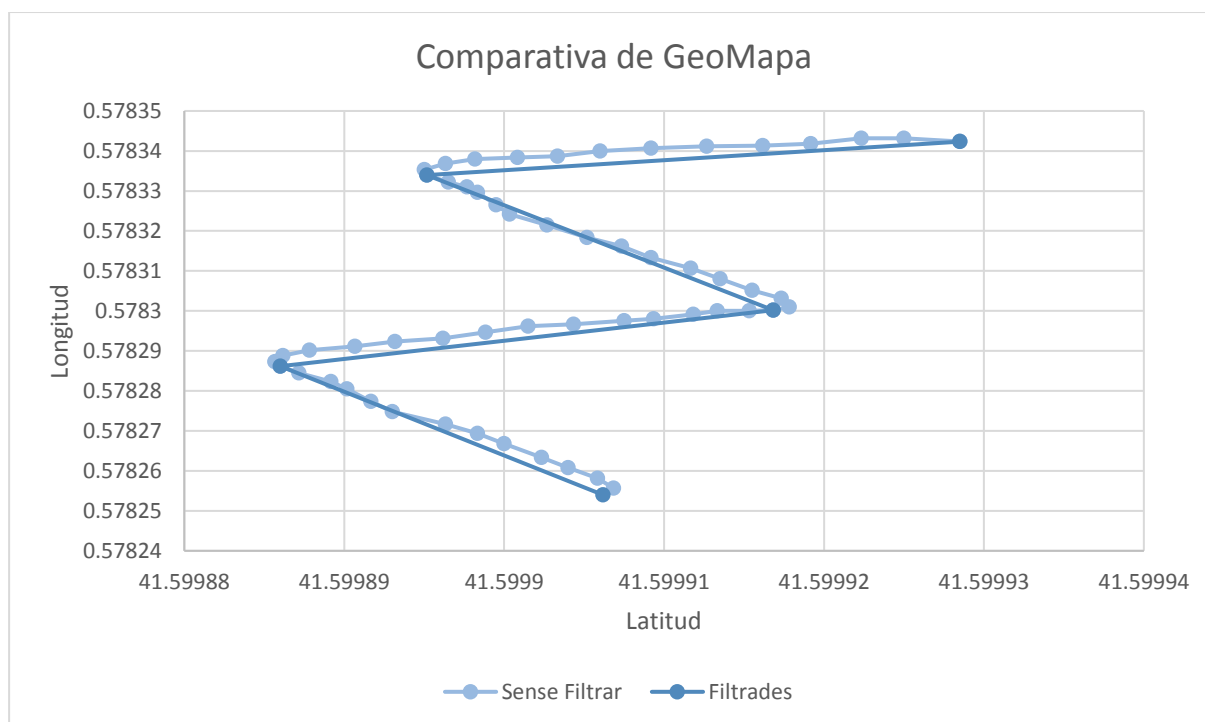
$$= SI(Y(E4 = "CANVI"; F4 = "NO CANVI"); "SI"; SI(Y(E4 = "NO CANVI"; F4 = "CANVI"); "SI"; "NO"))$$

*Considerant "E" com a "Canvi E-O" i "F" com a "Canvi N-S"*

Generades aquestes columnes, només caldrà activar la opció "Filtre" en la última columna, la que determina si hi ha algun canvi de direcció en qualsevol moment de la mostra de dades escollida. S'activa el filtre clicant exclusivament la casella "SI" per amagar els moments en els quals no es realitza cap canvi de direcció, deixant visible únicament les cel·les dels moments del canvi de direcció.

## Resultats

La gràfica presentada a continuació (figura 18) mostra el desplaçament en Lat i Lon d'un sol subjecte en la realització del test v-cut. Com es pot apreciar amb el resultat de la gràfica, disminuïm la quantitat de cel·les de dades (més de 60 a 5) de forma ridícula, deixant a la vista només el moment exacte de cada canvi de direcció establert per la prova del v-cut que el subjecte va traçar.



*Figura 18: GEO mapa de les dades sense filtrar i amb la proposta de dades filtrades*

## Discussió

La realització del test v-cut (Gonzalo-Skok, 2015) com a prova inicial per a cercar el canvi de direcció ha resultat ser molt útil, les dades obtingudes a partir del test es poden arribar a analitzar per segments bilateral i/o unilateralment, aïllar la fase accelerativa de la desaccelerativa, trobar diferències entre els primers canvis de direcció i els últims, etc.

Utilitzar aquesta eina pot ser una molt bona manera per determinar quins canvis de direcció es produeixen durant una tasca, un entrenament complet, un partit, una acció aïllada en un rol determinat, etc. En esports on el canvi de direcció sigui una acció molt repetida en el temps pot ser de vital importància detectar aquests moments, ja sigui per millorar el rendiment com per prevenir lesions pel caràcter agressiu que comporta realitzar aquesta acció a alta velocitat (Gómez & Ortega, 2003).

L'aplicació d'aquest mètode estarà limitat a aquells esports i/o pràctiques d'activitat física que generin canvis de direcció, sent de molt d'interès ja que serà més senzill seguir el recorregut dels practicants i determinar quins són els moments on genera un canvi de direcció, quins són els rols que generen més aquesta acció, etc. Si aquesta informació es complementa amb el moment concret que es realitza el canvi, el hardware del GPS enregistra la quantitat de força G en el moment del canvi de direcció o es fa un càlcul a partir de la potència mecànica, es pot saber quins són els esportistes que poden tenir un risc més elevat de lesió i tenir la oportunitat de fer un seguiment més exhaustiu d'aquests moments crítics.



## Conclusions

Fent aquest tractat es pot guanyar temps per part dels entrenadors en valorar els canvis de direcció per part dels seus esportistes.

Tot i així, seria molt interessant seguir aquesta investigació en tasques específiques de qualsevol esport, per acabar de determinar que aquesta proposta és eficaç amb canvis de direcció més continus i amb incertesa per part de l'esportista.

## Referències

- Aughey, R. (2011). Applications of GPS Technologies to Field Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295-310. doi: 10.1123/ijsp.6.3.295
- Barrow, H. & McGee, R. (1971). *A practical approach measurement and assessment*. Lippincott: Williams & Wilkins.
- Bompa, T., (2006). *Periodización del entrenamiento deportivo* (2a ed.). Badalona: Paidotribo
- Casamichana Gómez, D., Castellano Paulis, J., González-Morán, A., García-Cueto, H., & García-López, J. (2011). Demanda fisiológica en juegos reducidos de fútbol con diferente orientación del espacio. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, VII (23), 141-154. doi:10.5232/ricyde2011.02306
- Casamichana Gómez, D., Castellano Paulis, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 369–374. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182548af1
- Chelly, S. M., & Denis, C. (2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(2), 326-333.
- Clarke, A., Anson, J. & Pyne, D. (2014). Physiologically based GPS speed zones for evaluating running demands in Women's Rugby Sevens. *Journal of Sports Sciences*, 33(11), 1101-1108. doi: 10.1080/02640414.2014.988740
- Cronin, J. & Hansen, K. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349-357
- di Prampero P., Fusi S., Sepulcri L., Morin J.B., Belli, A. & Antonutto, G. (2005) Sprint running: a new energetic approach. *The Journal of Experimental Biology*, 208, 2809–2816. doi: 10.1242/jeb.01700
- Da Silva, N., Kirkendall, D. & Neto, T. (2007). Movement patterns in elite Brazilian youth soccer. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 270. PMID:17641592
- Gómez, P., & Ortega, J. M. (2013). Propuesta de control y seguimiento del proceso de readaptación funcional de una lesión de rodilla. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*. Recuperat de <https://www.researchgate.net/publication/272885059>
- Gonzalo-Skok, O. i Tous, J., (2015). *La velocidad en el cambio de dirección en los deportes de equipo: evaluación, especificidad y entrenamiento* (Tesis doctoral). Recuperat de [www.ResearchGate.net/publication/321481792](http://www.ResearchGate.net/publication/321481792)
- Hernández, D., Casamichana, D. & Sánchez-Sánchez. (2017). La cuantificación de la carga de entrenamiento como estrategia básica de prevención de lesiones. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*. Recuperat de <https://www.researchgate.net/publication/320677274>
- Hopkins, W. (1991). Quantification of training in competitive sports, methods and Applications. *Sports Medicine*, 12(3): 161-183. doi: 10.2165/00007256-199112030-00003

- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A. & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278.
- Hornillos, I. (2010). La capacidad acelerativa en el deporte. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 5(15), 12-14. Recuperat de <http://www.redalyc.org/html/1630/163017569002/>
- Jiménez, J. M. H., Ríos, I. J. C., Casas, J. Á. R., & Ríos, L. J. C. (2009). Estudio comparativo de la capacidad de realizar sprints repetidos entre jugadores de balonmano y baloncesto amateurs y profesionales. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 44(164), 163-173. doi: 10.1016/S1886-6581(09)70127-6
- Larsson P., Henriksson-Larsen, K. (2001). The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering. *Medicine and Science in Sports Exercise*. 33(11):1919–1924. doi:10.1097/00005768-200111000-00018
- Larsson, P. (2003). Global Positioning System and Sport-Specific Testing. *Sports Medicine*, 33(15), 1093-1101. doi: 10.2165/00007256-200333150-00002
- Martin Acero, R. (2000). Velocidad en fútbol: aproximación conceptual. *Revista digital: educación física y deporte*, 25. Recuperat de <http://www.efdeportes.com/efd25/velocf.htm>
- Morin JB, Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P. & Lacour, JR. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 3921-3930. doi: 10.1007/s00421-010-1804-0
- Morin, J. B., Jeannin, T., Chevallier, B., & Belli, A. (2006). Spring-mass model characteristics during sprint running: correlation with performance and fatigue-induced changes. *International journal of sports medicine*, 27(02), 158-165. doi: 10.1055/s-2005-837569
- Reid, M., Duffield, R., Dawson, B., Baker, J., & Crespo, M. (2008). Quantification of the physiological and performance characteristics of on-court tennis drills. *British Journal of Sports Medicine*, 42(2), 146-151. doi: 10.1136/bjsm.2007.036426
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E. & Morin, JB. (2015). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(6), 648-658. doi: 10.1111/sms.12490
- Scott, T., Black, C., Quinn, J. & Coutts, A. (2013). Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: A comparison of the CR10 and CR100 scales. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 270-276. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182541d2e
- Varley, M., Fairweather, I. & Aughey, R. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 121-127. doi: 10.1080/02640414.2011.627941
- Wallace, L. K., Slattery, K. M. & Coutts, A. J. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 33-38. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181874512